



Título: Obtención de posturas de calidad de *Swietenia mahagoni* (L) Jacq. mediante la utilización de la tecnología de tubetes y sustratos orgánicos, para la restauración ecológica

Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Ciencias Forestales

Mención: Manejo de Bosques



Autor:
Ing. Domingo Ballate Denis
Tutor:
Dr. Eduardo González Izquierdo

UNIVERSIDAD DE PINAR DEL RÍO
“HERMANOS SAÍZ MONTES DE OCA”
FACULTAD FORESTAL Y AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Obtención de posturas de calidad de *Swietenia mahagoni* (L) Jacq. mediante la utilización de la tecnología de tubetes y sustratos orgánicos, para la restauración ecológica.

Tesis presentada en opción al Título Académico de Master en Ciencias Forestales.

Mención: Manejo de Bosques

Autor: Ing. Domingo Ballate Denis.

Tutor: Dr. Eduardo González Izquierdo.

Pinar del Río, 2006

CUMPLIMIENTO DE LA RESOLUCIÓN RECTORAL # 17/98

Los resultados que se exponen en la presenta tesis se han alcanzado como consecuencia del trabajo realizado por el autor respaldado por la Universidad de Pinar del Río, por tanto los resultados en cuestión son propiedad del autor y la Universidad respectivamente y solo ellos podrán hacer uso de los mismos de forma conjunta, o recibir los beneficios que se deriven de su utilización.



Autor: Ing. Domingo Ballate Denis

DEDICATORIA

A MI TUTOR, MIS HIJOS Y A ELBA.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es el resultado de varios años de esfuerzos y sacrificios en los cuales se involucraron de una forma u otra, muchas personas, es por eso que en estos momentos quisiera expresarle a continuación mis más sinceros agradecimientos:

- A mi tutor, por la paciencia que ha tenido conmigo y el apoyo que me ha dado en todo el proceso de ejecución de esta investigación y María Batista, su esposa, por alimentarme durante una semana para poder llevar a término este sueño tanpreciado.
- A la Dra. Milagros Cobas por haber encendido la llama luego de su conferencia en Topes de Collantes, para que yo trabajara la tecnología de tubetes.
- A Jesús Matos, por ser la primera persona en interesarse en mi tesis y haber tenido la paciencia de revisar mi trabajo en varias ocasiones, para que yo pudiera entregar un atrabajo digno de un miembro del Grupo cubano de Restauración Ecológica.
- A Elba, mi más fiel y colaboradora compañera, única persona en quien confío plenamente en este mundo y me ha dado lo mejor de sí por 20 años, así como sus frutos más preciados, nuestros dos preciosos hijos.
- A Orlando Alfonso, por su comprensión al haber accedido a que yo abandonara mi puesto de trabajo por más de un mes y haberse hecho cargo de la selvicultura a pesar de encontrarla tan difícil.
- A mis compañeros de departamento, por aguantar mis locuras.
- A Grecia y Hernán, la pareja que más quiero en Villa Clara y que me crearon las bases organizativas para poder llevar adelante esta investigación.
- A Pepe Tony, por darme la oportunidad, sin pelear, de sentarme en la máquina a trabajar.
- A mi bella madre que me dio el ser y a mis hermanos, así como a mi abuela.

- A mis dos pequeños bebés, por regalarme diariamente esas lindas sonrisas que me ayudan a vivir.
- A Caridad, Ibis y Alejandro, por brindarme su hospitalidad mientras yo redactaba mi tesis.
- A Xiomara Gálvez y Miguel, por demostrarme siempre que son mis amigos.
- A Brull y Loreta, por ayudarme en todas las ocasiones que se lo pedí.
- A Manuel Rodríguez, por haberme brindado de su tiempo en la revisión e impresión de este trabajo.
- Y si por casualidad me olvide de ti, no es así, estás también en mi corazón y algún día podré apoyarte cuando lo necesites, aunque no te he plasmado en este papel.

RESUMEN

La restauración ecológica es una técnica de conservación naciente, pero cada día gana más terreno en el ámbito de la conservación por la recuperación de bienes y servicios que puede aportar (Matos y Ballate, 2004).

Desde hace algunos años se ha comenzado a trabajar con ***Swietenia mahagoni*** (L) Jacq., especie presente de forma natural en la “Reserva Florística Manejada Sabanas de Santa Clara” y aún no se conoce su comportamiento si se produce en tubetes, técnica que esperamos introducir con el objetivo de reducir los costos el tiempo en vivero y la obtención de posturas de mayor calidad.

En esta investigación se presentan los resultados derivados de la caracterización de la calidad de la planta medidos a través de atributos morfológicos, de desarrollo e índices tales como: altura de la planta, diámetro de cuello, longitud de las raíces, potencial de desarrollo radical, esbeltez, balance hídrico, índice de calidad de Dickson, entre otros.

Se estudiaron varios modelos matemáticos para determinar el que más se ajuste al comportamiento del crecimiento en altura de las plantas cultivadas sobre diferentes tipos de sustratos en vivero, además se estudia el comportamiento de la supervivencia y la esbeltez de estas plantas en el campo luego de 8 meses de plantadas, para comprobar el carácter predictor de las variables medidas en vivero.

Finalmente se hace una valoración económica a través de tres fichas de costo donde se determina la superioridad de la tecnología de tubetes comparada con la bolsa, para la Empresa Forestal Integral de Villa Clara y la Empresa Flora y Fauna de la misma provincia. Como resultado se obtienen ingresos por concepto de certificación a los tres años de 1259,44 pesos por ha, con una ganancia que superarían la cifra de 314,00 pesos por ha, ya que esta tecnología garantiza posturas de alta calidad y por tanto bonificaciones por encima del 25 % teniendo en cuenta los criterios establecidos en la Ley Forestal.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Descripción de <i>Swietenia mahagoni</i> (L) Jacq.	5
2.1.1. Distribución	5
2.1.2. Características de los árboles	5
2.1.2.1. Descripción de las hojas	6
2.1.2.2. Aspectos generales de las flores	6
2.1.2.3. Frutos y semillas	7
2.2. Sustrato	7
2.2.1. Generalidades	7
2.2.2. Selección del sustrato	8
2.2.3. Tipos de sustratos	8
2.2.3.1. Turba	9
2.2.3.2. Zeolita	10
2.2.3.3. Corteza	10
2.2.3.4. Cachaza	10
2.2.3.5. Gallinaza	11
2.2.3.6. Guano de murciélago	11
2.2.3.7. Cáscara de arroz	12
2.2.3.8. Estiércol de caballo y de vaca	12
2.2.3.9. Suelo de serpentina	13
2.2.4. Estructura de los sustratos	13
2.2.4.1. Propiedades físicas	14
2.2.4.1.1. Densidad	14
2.2.4.1.2. Porosidad total	15
2.2.4.1.3. Granulometría	15
2.2.4.2. Propiedades químicas	15
2.2.4.3. Propiedades biológicas	16
2.2.4.4. Importancia del sustrato	17
2.3. Prácticas aplicadas en viveros	18
2.3.1. Riego en vivero	19
2.4. Envases	21
2.4.1. Características de los envases utilizados en el vivero	21
2.4.2. Producción de plantas en envases o contenedores	22
2.4.3. Ventajas y desventajas del uso de contenedores	23
2.4.3.1. Ventajas	23
2.4.3.2. Desventajas	23
2.5. Atributos morfológicos de las plantas	23
2.5.1. Altura de la planta	24
2.5.2. Peso	24
2.5.3. Área foliar	25
2.5.4. Atributos morfológicos del sistema radical	26
2.5.4.1. Forma de la raíz	26
2.6. Atributos fisiológicos	26
2.6.1. Nutrición mineral	27

2.6.2.	Estado hídrico	27
2.7.	Atributos de desarrollo	28
2.7.1.	Otros atributos de interés	28
2.8.	Índices morfológicos	29
2.8.1.	Relación parte aérea-parte radical (PA-PR)	29
2.8.2.	Esbeltez	30
2.8.3.	Índice de calidad de Dickson	30
2.8.4.	Balance hídrico en la planta	30
2.8.5.	Otras variables	30
2.8.5.1.	Estabilidad y destubetado	30
2.8.5.2.	Arquitectura radical	31
2.9.	Restauración ecológica	31
2.10.	Problemas relacionados con la reproducción de especies	34
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.1.	Descripción de las condiciones de trabajo	35
3.2.	Clima	35
3.3.	Colecta de frutos y semillas	36
3.4.	Actividades de vivero	36
3.4.1.	Preparación de sustratos	36
3.4.2.	Análisis químico de los sustratos	37
3.4.3.	Envases y tratamientos	37
3.4.4.	Riego	38
3.4.5.	Escarde	39
3.5.	Descripción de la investigación	39
3.5.1.	Estudio de germinación	39
3.5.2.	Evaluación de los atributos morfológicos de las plantas	40
3.5.2.1.	Altura (h)	40
3.5.2.2.	Diámetro del cuello de la raíz (DCR)	40
3.5.2.3.	Longitud de las raíces (LR)	40
3.5.3.	Índices morfológicos	41
3.5.3.1.	Relación parte aérea-parte radical en peso (PSA/PSR)	41
3.5.3.2.	Relación altura-diámetro o esbeltez (h/d)	41
3.5.3.3.	Índice de calidad de Dickson (QI)	42
3.5.3.4.	Balance hídrico de la planta (BAP)	42
3.5.4.	Determinación de atributos de desarrollo	43
3.5.4.1.	Potencial de crecimiento radical (RGP)	43
3.5.5.	Mediciones de las variables destubetado, estabilidad del sustrato y arquitectura radical	43
3.5.6.	Restauración o plantación	44
3.6.	Evaluaciones de efectividad de la técnica para la restauración	44
3.6.1.	Supervivencia	45
3.6.2.	Esbeltez en plantación	45
3.6.3.	Valoración económica de la producción de plantas con la tecnología de tubetes	45
3.7.	Análisis estadísticos	45

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1. Sustrato	46
4.2. Comportamiento de la germinación	46
4.3. Comportamiento de los atributos morfológicos de la planta	47
4.3.1. Altura	47
4.3.1.1. Dinámica del crecimiento en altura	48
4.3.2. Diámetro del cuello de la raíz	50
4.3.3. Comportamiento de la longitud de las raíces	50
4.4. Comportamiento de los índices morfológicos	51
4.4.1. Comportamiento de la relación parte aérea-parte radical en peso	51
4.4.2. Comportamiento de la esbeltez	52
4.4.3. Comportamiento del índice de calidad de Dickson	53
4.4.4. Comportamiento del Balance Hídrico de la planta	54
4.4.5. Relaciones entre atributos e índices	55
4.5. Atributos fisiológicos	56
4.5.1. Atributo de desarrollo	56
4.5.1.1. Análisis del comportamiento de la evaluación del potencial de desarrollo radical	56
4.6. Destubetado, estabilidad del sustrato y arquitectura radical	57
4.6.1. Destubetado	57
4.6.2. Estabilidad del sustrato	58
4.6.3. Arquitectura radical	58
4.7. Evaluaciones de efectividad de la técnica para la restauración	59
4.7.1. Supervivencia en campo	59
4.7.2. Esbeltez en plantación	60
4.7.3. Envase	61
4.7.3.1. Evaluación de los tipos de envases	61
4.7.4. Valoración económica de la producción de plantas con la tecnología de tubetes	64
5. CONCLUSIONES	67
6. RECOMENDACIONES	68
7. BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXOS	78

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCION

La restauración ecológica es una técnica de conservación naciente a pesar de existir reportes de acciones desde el año 1935 por Aldo Leopold en Wisconsin. Han sido muchos los esfuerzos para restaurar ecosistemas naturales sin embargo se considera como una técnica desconocida en muchos lugares del mundo o que no se aplica, pero cada día gana más terreno en el ámbito de la conservación por la recuperación de bienes y servicios que puede aportar (Matos y Ballate, 2004).

La restauración ecológica en Cuba no ha sido muy aplicada, la tarea de la recuperación de los terrenos deforestados se ha limitado principalmente a la empresa forestal utilizando fundamentalmente plantaciones monoespecíficas, con marcos de plantación esquemáticos, sin tener en cuenta qué tipo de vegetación existió en ese lugar antes de ser modificado. La necesidad de producción de madera para la industria ha frenado también el empleo de esta técnica, solo se ha tenido experiencias en la rehabilitación de áreas degradadas por la ganadería en la Reserva Ecológica Monte Ramonal (Ballate *et al.*, 2004), minas de Moa-Niquero, la Cuenca del cauto y en algunas zonas de manglar en La Habana y Villa Clara.

Desde el año 2000 aproximadamente un grupo de especialistas de la Empresa Nacional para la Protección de la Flora y la Fauna, se han dado a la tarea de restaurar algunas áreas antropizadas de los cuabales de Santa Clara enfrentándose a resultados muy bajos de supervivencia en las zonas serpentiníticas, dado fundamentalmente por el difícil manejo de las especies autóctonas y el desconocimiento de su Silvicultura en vivero, por lo que se ha comenzado a trabajar con ***Swietenia mahagoni*** (L) Jacq., especie presente de forma natural en el área y sobre la cual se tienen experiencias de su producción en vivero el país (Fors, 1967), (Betancourt 1987) y (Álvarez y Varona 1988), pero aún no se conoce su comportamiento si se produce en tubetes, técnica que esperamos introducir con el objetivo de reducir los costos el tiempo en vivero y la obtención de posturas de mayor calidad. La caoba antillana ***Swietenia mahagoni*** (L) Jacq., es una de las especies forestales cubanas seleccionadas para reforestar ecosistemas dañados en nuestro país en el Programa de Desarrollo Económico Forestal hasta el 2015, además tiene gran importancia por facilitar innumerables usos con fines económicos y es una especie que estuvo sometida a la

tala ilícita e indiscriminada desde la conquista de Cuba por lo que sus poblaciones han sido muy afectadas, principalmente en terrenos serpentínicos donde su crecimiento es muy lento.

La obtención de posturas de alta calidad con mejores características morfológicas y fisiológicas es un aspecto importante en los viveros para la restauración ecológica. El desarrollo de técnicas desde el vivero, el tipo de sustrato, el envase a utilizar, la elección de la semilla, así como un manejo adecuado del riego, son los elementos principales para obtener plantas de calidad y resultados económicamente satisfactorios.

La obtención de posturas de alta calidad con mejores características morfológicas y fisiológicas, es un aspecto importante en los viveros para la restauración ecológica. El desarrollo de técnicas desde el vivero, el tipo de sustrato, el envase a utilizar, la elección de la semilla, así como un manejo adecuado del riego, son los elementos principales para obtener plantas de calidad y resultados económicamente satisfactorios.

Según Duryea (1985); citado por Cobas (2001), la calidad de la planta forestal en vivero se puede definir como la capacidad para sobrevivir y crecer en lugares de plantación definido. Esto se mide a través de los denominados atributos de calidad, que evalúan indirectamente las facultades para superar el impacto postransplante.

El uso de los tubetes tiene varias ventajas no produce deformaciones en el sistema radical de las plantas, no se requiere remoción de las raíces porque ocurre poda natural, se requiere menor cantidad de sustrato, se acorta el tiempo de permanencia en el vivero, se logra un considerable disminución en los costos de producción y se humaniza el trabajo ya que es más fácil transportar las posturas en el campo también se necesita menos espacio para la producción de posturas, así como que los tienen un tiempo de vida media mayor que la bolsa y para su llenado se utiliza materia orgánica por lo que no se necesita hacer movimientos de tierra para producir las posturas, aspecto este que influye negativamente en el equilibrio de los ecosistemas fundamentalmente si el objetivo es restaurar.

Otro aspecto muy importante a tener en cuenta, es que la restauración ecológica en Cuba generalmente se hace en áreas protegidas, las que se encuentran en su mayo-

ría lejanas a los núcleos poblacionales, por tanto, al igual que en otras partes del mundo, la población comunitaria está siendo llamada a participar en la conservación de sus áreas y es muy factible para ellos el uso de técnica, máxime si en la actualidad a causa de la estabulación del ganado vacuno y equino, en horas nocturnas, garantiza un suministro inagotable de materia orgánica.

Por tanto teniendo en cuenta todo lo anterior se hace necesario manejar los siguientes elementos metodológicos:

Problema: La producción de posturas de *Swietenia mahagoni* en bolsa con suelo natural no garantiza la calidad necesaria de estas para ser utilizada en la restauración de áreas degradadas sobre terrenos de serpentinita.

Hipótesis: Si se utiliza la tecnología de producción de posturas en tubetes con sustratos logrados a partir de estiércol de vaca y caballo al 100% y mezclas con un 20% de suelo serpentinitico y 80% de estiércol de vaca y caballo, entonces obtendríamos plantas *Swietenia mahagoni* con mayor calidad que si se utilizara suelo natural y bolsas de polietileno.

Objetivo general

Evaluar la efectividad del empleo de tubetes y diferentes sustratos, en la obtención de posturas de *Swietenia mahagoni* con alta calidad

Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento germinativo de *Swietenia mahagoni* bajo la influencia de diferentes sustratos.
- Caracterizar la calidad de la postura de *Swietenia mahagoni* producida en tubetes. Valorar la factibilidad del empleo de la tecnología de tubetes para la restauración ecológica.

Aportes teóricos: En esta tesis se describen los elementos teóricos necesarios para la obtención de posturas de *Swietenia mahagoni*, en tubetes, con alta calidad para

ser utilizada en la restauración ecológica y se define la relación existente entre las variables sustrato y envase para esta especie.

Aportes prácticos:

1. Este trabajo servirá como una guía metodológica, al emplearse ***Swietenia mahagoni*** en la restauración ecológica.
2. Es la primera vez que se utiliza la producción en tubetes para la producción de posturas en Cuba para la restauración de ecosistemas.
3. Se define la mejor composición de compuestos orgánicos entre el estiércol de caballo y de vaca en la obtención de posturas de ***Swietenia mahagoni*** de alta calidad.
4. Se define el modelo matemático que mejor ajusta el crecimiento en altura de ***Swietenia mahagoni*** en vivero, obtenidas en tubetes y bolsa.
5. Por primera vez se presentan las fichas de costo para la producción de plantas en bolsa y contenedores, así como para la plantación de ***Swietenia mahagoni*** en la restauración ecológica.
6. Por primera vez se presenta el comportamiento de la esbeltez en el tiempo, desde el vivero hasta los 8 meses de la plantación.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Descripción de *Swietenia mahagoni* (L) Jacq.

2.1.1. Distribución

En la Figura 1, se observa que *Swietenia mahagoni* tiene un área de distribución natural que comprende el sur de la Florida, Cayos de la Florida, Bahamas, Cuba, Isla de la Juventud, Jamaica, Haití y República Dominicana, según Francis (1991).

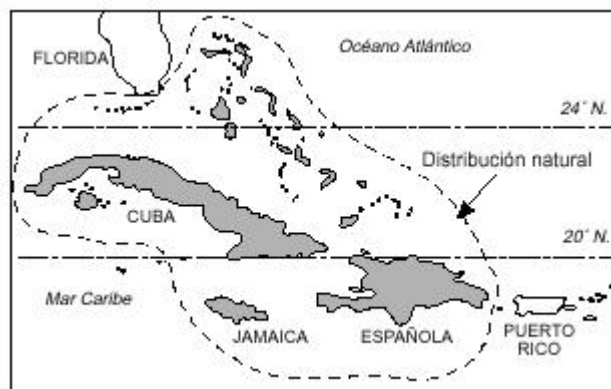


Figura 1 Área de distribución de la caoba antillana, según Francis (1991).

Little *et al.*, (1967) informan que esta especie ha sido introducida en Puerto Rico y las Islas Vírgenes hace probablemente más de 200 años y que la abundancia de los arbo-
litos que crecen debajo o cerca de las plantaciones, ha contribuido a la creencia erró-
nea de que es una especie nativa.

2.1.2. Características de los árboles

Los árboles de *S. mahagoni* son de tamaño más bien grande, pueden alcanzar más de 20 m de altura y 2 m de diámetro. En nuestras selvas vírgenes, existían árboles centenarios que excedían en mucho estas dimensiones (Betancourt, 1987).

Según Roig (1965) en la Hacienda del Toro, ubicada en el municipio Los Palacios, provincia de Pinar del Río, existía una caoba que se necesitaban seis hombres con los brazos extendidos para rodear su tronco, lo que da una idea de que tendría unos 10 m de circunferencia y 3,18 m de diámetro.

Los árboles de caoba antillana son de fuste corto y ramificado si crecen aislados (Figura 2), pero cuando se desarrollan en competencia, son rectos y su fuste tiene mayor longitud. En los ejemplares de gran tamaño se forman aletones o contrafuertes en la

base. La copa es amplia y frondosa y las ramas gruesas. La corteza de los árboles jóvenes es de color pardo claro, algo lisa generalmente acanalada; en los árboles viejos, es castaño oscuro, dividida en placas y escamosas; la de las ramitas tiene coloración pálida, luego es de color parduzco con lenticelas. La corteza interior es rosada y de sabor amargo (Betancourt, 1987).



Figura 2 Aspecto del árbol *Swietenia mahagoni*

2.1.2.1. Descripción de las hojas

Hojas compuestas, alternas, comúnmente paripinnadas (Figura 3), de 10cm a 30 cm de largo. Foliolos entre 4 y 10, ovados u ovado-lanceolados, opuestos o subopuestos, inequiláteros, enteros, con el ápice acuminado y la base redondeada; verde oscuro, lampiños y brillantes en el haz, verde más pálido y lampiños o escasamente pubescentes en el envés; miden de 3,5 cm a 8 cm de largo y entre 1 cm y 2,5 cm de ancho (Betancourt, 1987).



Figura 3 Hojas de *Swietenia mahagoni*

2.1.2.2. Aspectos generales de las flores

Inflorescencia en panículas de 5 cm a 15 cm de largo. Flores pequeñas; con 5 sépalos pequeños, imbricados y redondeados; corola de color blanquecino a amarillento, con 5 pétalos oblongo-obovados, de unos 4mm de largo; estambres con los filamentos unidos en la base, en un tubo en forma de urna, 10-dentado, lampiños; anteras 10. Disco en forma de copa poco profunda, acanalado en el exterior, con el margen crenado. Ovario 5-locular, ovoide; estilo erecto; estigma disciodelo, 5-radiado; óvulos péndulos, numerosos. En Cuba la floración se produce durante los meses de marzo a junio (Betancourt, 1987).

2.1.2.3. Frutos y semillas

Frutos en cápsulas leñosas, piriformes, de color castaño oscuro; miden entre 8cm y 10cm de largo y de 4 cm a 6 cm de diámetro (Figura 4). Los frutos tienen largos pedúnculos, son 5-loculares, con dehiscencia septicida a partir de la base; cada uno contiene entre 45 y 60 semillas, como término medio.



Figura 4 Frutos de *Swietenia mahagoni*

Las semillas están provistas de alas membranosas de color castaño claro; miden entre 5 cm y 7 cm de largo aproximadamente 1,3 cm de ancho; se encuentran en la cápsula imbricadas en dos series. La recolección de frutos en Cuba se realiza durante los meses de febrero y marzo (Betancourt, 1987).

2.2. Sustrato

2.2.1. Generalidades

El primer sustrato utilizado en viveros, por conexión lógica, fue el suelo natural. La transición de este tipo de medio cultural a su mezcla con otros minerales fue desarrollándose a partir del perfeccionamiento de la técnica y el conocimiento de los envases (Sogoni, 1988; citado por Joseau *et al.*, 1998).

Una tendencia reciente, relacionada con la conceptualización del sustrato, es elaborada por Zazo (1999), al definirlo como el material o materiales obtenidos directa o indirectamente de la naturaleza, además de los sintéticos, que de forma pura o en mezcla, incluidos en un receptáculo determinado, sirven como, sostén y soporte de las plantas, son compatibles con la actividad metabólica de éstas y pueden intervenir o no en los diferentes procesos nutricionales.

El sustrato constituye la superficie sobre la que se apoyan o desplazan los organismos. En el interior de algunos sustratos transcurre total o parcialmente el ciclo de vida de muchos de éstos, como es el caso del suelo y los organismos de su vida subterránea. El sustrato brinda soporte, abrigo y alimentación, siendo el suelo en el ámbito terrestre, el de mayor importancia para tales fines (Berovides, 1985).

A juicio de Serrada (1995), el sustrato para llenado de cualquier tipo de envase puede componerse a voluntad, tendiendo a conseguir las siguientes propiedades: higroscopicidad, que permita espaciar suficientemente los riesgos, baja densidad para facilitar el manejo y transporte, permeabilidad que permita el desarrollo de las raíces en todo su volumen, esterilidad relacionada a posibles patógenos para las plántulas, así como fertilidad adecuada para la producción de plantas con buen estado fisiológico. Además en el momento de la extracción, el cepellón formado debe ser consistente y facilitar la extracción sin adherencias a las paredes del envase.

2.2.2. Selección del sustrato

Son diversos los materiales que se emplean normalmente como sustratos o medios de cultivo, sin embargo Zazo (1999), citado por Fajardo (2005), establece que la elección definitiva se encuentra avalada por:

1. Propiedades y características propias.
2. Tipo de cultivo y material vegetal de repoblación.
3. Conocimientos de manejo y utilización.
4. Consideraciones económicas (Costo, disponibilidad, etc.).

Para estas razones no existe un sustrato universalmente superior al resto, sin existir el medio de cultivo ideal. La idoneidad de un sustrato, siempre dependerá de los aspectos anteriores (Cobas, 2001).

Los resultados de un sustrato, según Montoya y Camara (1996), dependen de:

- La especie cultivada.
- El tipo de envase.
- La frecuencia, cantidad de riego y abonado.

El sustrato es, después del contenedor y la mano de obra, el factor económico de más peso en el balance económico de un vivero moderno.

2.2.3. Tipos de sustratos

Según Montoya y Camara (1996), los sustratos se clasifican en:

- 1.-Químicamente inertes: son los que suelen utilizarse para incrementar la aireación y permeabilidad de los sustratos. Entre los más comunes tenemos a la arena, grava, lana de roca, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, poliespan, etc.
- 2.- Químicamente activos: turbas negras y rubias (las más utilizadas), mantillo (limitado por el riesgo de portar o contener malas hierbas), corteza de pino triturada, vermiculita, materiales lignocelulósicos, etc.

Según Gojenola y Ansorena (1994), los primeros sustratos, que contenían proporciones importantes de suelo mineral, han sido sustituidos progresivamente con mezclas con proporción mayoritaria de ingredientes orgánicos, cuyas propiedades físico químicas y de manejo han mejorado sensiblemente. Estos autores consideran además, que a causa del reducido volumen del medio de cultivo disponible el suministro de aire, agua y nutrientes a las raíces, la elección de un sustrato adecuado es uno de los aspectos más importantes para obtener buenas producciones de plantas con calidad.

En general se puede hablar de sustratos naturales y artificiales. Tradicionalmente se han utilizado los primeros, basados en componentes naturales mezclados con diferentes proporciones (suelo, mineral y mantillo). Sin embargo se ha observado que este tipo de medio produce algunos problemas culturales relacionados con la textura, contaminación biológica dada fundamentalmente en la presencia de una gran diversidad de organismos patógenos como hongos, insectos, nemátodos y semillas de maleza. En el lado opuesto, los sustratos artificiales presentan una formulación sencilla, características estables y homogéneas, facilidad de uso y programación del cultivo (Navarro *et al.*, 1997).

2.2.3.1. Turba

La turba es una sustancia compuesta de material orgánico originado por la descomposición completa de restos vegetales carentes de aire, en un medio altamente saturado de agua. En la actualidad es utilizada, entre otras cosas, como insumo en la industria perfumera y la jardinería (Moreno, 2002).

La turba es el abono orgánico que tiene mayor importancia en nuestro país. Con la aplicación de la turba como fertilizante en dosis de 20-40 t/ha, aumenta considerablemente la fertilidad y las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos arenosos. Los suelos de textura ligera, como son los arenosos, franco arenosos y también arenosos limosos, solo se les puede elevar su fertilidad y disminuir la lixiviación de las sustancias minerales aplicando abono-estiércol, abono verde, turba, etc. (Pérez y Vargas, 1995).

2.2.3.2. Zeolita

La zeolita ofrece grandes perspectivas para la producción de la planta en vivero. Esta, triturada puede mezclarse con otros materiales orgánicos. Muchos investigadores se encuentran interesados en este tipo de roca al servicio del suelo. Con ésta se puede realizar varios experimentos con trituradores de piedras simples y baratas.

La capacidad de la zeolita para intercambiar iones puede también hacer maravillas con los abonos orgánicos. Cuando se la mezcla con estiércol, por ejemplo, la zeolita impide que el amonio, rico en nitrógeno, se volatilice rápidamente, haciéndolo asequi

ble a las plantas. La zeolita es también un buen redentor de la humedad (Moreno, 2002).

2.2.3.3. Corteza

La corteza es probablemente el más prometedor de los materiales orgánicos alternativos. Posee un 43% de porosidad interna, lo que posibilita la absorción de agua para el crecimiento de las plantas. La corteza compostada tiene una capacidad de intercambio catiónico mucho más elevado que la corteza cruda y parece ser que actúa positivamente en la supresión de la actividad de hongos patógenos. Es, por sus extraordinarias cualidades, el componente orgánico más utilizado en las formulaciones. La corteza es un material de desecho de zonas forestales usado ampliamente para la elaboración de sustrato de zonas próximas a la producción. El uso de estos materiales, en frescos, requiere aplicar mayor cantidad de nitrógeno para evitar carencias en los cultivos, ya que es necesario compensar el consumo que origina su descomposición biológica dada su elevadas relaciones carbono / nitrógeno (Ocaña, 1991, citado por Castillo, 2001).

2.2.3.4. Cachaza

Mena y Martínez (1986) citados por Leyva (2005) plantean que la cachaza es un residuo del proceso de clarificación del guarapo, que no posee una composición química cuantitativa definida, por ser una mezcla de materia terrosa y de los residuos de las cañas que se envían al ingenio. Los ácidos producidos en su descomposición hacen aprovechables para las plantas elementos minerales que se encuentran en estado inasimilables, aumenta la firmeza en los suelos arenosos y su capacidad de retención de agua hace más sueltos y permeables los suelos pesados.

La cachaza es un residuo del ingenio, compuesta de una mezcla de caña, sacarosa, coloides coagulados, con ceras y albuminoides, fosfatos de cal, arena y tierra. Es un material negro, esponjoso, hidrófilo, amorfo y liviano, con alto porcentaje de materia orgánica y calcio (Pérez y Vargas, 1995).

Según Moreno (2002) la cachaza tiene alrededor de 81,7 % de materia orgánica y es rica en elementos nutritivos como: el sodio, azufre, fósforo, calcio y nitrógeno y pobre

en potasio. Esto se debe a que algunas fábricas tratan con fosfato al jugo para clarificarlo más rápido. También es fuente importante de magnesio y zinc.

2.2.3.5. Gallinaza

La gallinaza pertenece a la categoría de los estiércoles, pero presenta características especiales. Como las aves defecan por una cloaca, sus deyecciones líquidas y sólidas no se producen por separado, por lo que la recogida presenta menos dificultades que con otras. Su contenido de nutrientes es superior al de los estiércoles. Se obtiene de dos formas, puras y secas, y gallinazas con un 50 %–70 % de materiales de cama. En el primer caso ocurren grandes pérdidas de nitrógeno por la volatilización, esta gallinaza es la obtenida por las gallinas ponedoras. Las de las aves de engorde están mezcladas con virutas de madera y/o aserrín y es de lenta descomposición a causa de la alta relación carbono / nitrógeno de la madera, además estos materiales son malos absorbentes del amoníaco. Contiene más nutrientes que el estiércol de ganado vacuno. La cantidad de materia orgánica que tiene depende de su manejo; en un medio sin humedad puede tener de un 60 % a un 80 % de materia orgánica. (Fundora, Alonso y Machado, 1992).

2.2.3.6. Guano de murciélago

Según Guzmán *et al.*, (1986) el guano de murciélago no es otra cosa que el excremento de este mamífero, que vive en las cuevas y lugares oscuros. El color del guano puede variar de gris a carmelita oscuro. Las características físicas varían con la edad y la naturaleza de los depósitos, así como la cantidad de materias extrañas presentes. Esto varía considerablemente en su composición química dependiendo grandemente de su origen, condiciones climáticas de la localidad donde se originó y el manejo que ha recibido. Tiene un marcado olor que resulta una combinación de amoníaco y otros compuestos orgánicos volátiles. El guano de murciélago de nuestra isla tiene, por lo general, la siguiente composición: de 7 % a 9 % de nitrógeno, de 11 % a 14 % de fósforo (P_2O_5) y de 0,20 % a 0,50 % de potasio (K_2O).

Su composición es muy variada y depende de muchos factores como la humedad, ventilación y alimentación de los murciélagos, composición de la roca, etc. Es más rico

en fosfato y puede serlo en nitrógeno, su contenido de potasio es bajo y además es pobre en materia orgánica. Si posee más del 4 % de nitrógeno se llama nitroguano, en caso contrario fosfogano. (Fundora, Alonso y Machado, 1992).

2.2.3.7. Cáscara de arroz

La cáscara de arroz es un material ligero y poroso que se adiciona a la mezcla para mejorar al drenaje y la aireación sin afectar el contenido de sales, nutrientes o el pH. Es un subproducto de la industria arroceras que se utiliza directamente, una vez que ha sido extraída la semilla del cereal. Su descomposición es muy lenta, aunque en circunstancias de altas temperaturas o fuertes evaporaciones puede desprender cantidades tóxicas de manganeso. Presenta una alta relación carbono/nitrógeno por lo que es necesario incrementar el aporte de nitrógeno al sustrato. (Poolo *et al*, 1981 citado por Andino, 2000).

2.2.3.8. Estiércol de caballo y de vaca

Según estudios hechos en el zoológico de Santa Clara por Quintero y Valdez (2005), estos sustratos presentan las características químicas siguientes (Tabla 1):

Tabla 1 Análisis químico del estiércol de caballo y vaca (porcentaje)

Estiércol	Humedad	N	P ₂ O	K ₂ O	Ca	Ceniza	MO	Ca/N
Vacuno	70-90	2,0	1,6	2,0	45,5	18	82	22,7
Equino	65-80	1,9	1,5	1,9	38,6	24	80	23,7

También Valdés y García (2002), estudian el contenido de nutrientes en las excretas de estos animales obteniendo los siguientes resultados (Tabla 2):

Tabla 2 Producción de excretas y contenido de nutrientes en ganado vacuno y equino.

Especie	Excretas (t/año/500 Kg de PV)	MS (%)	Contenido de nutrientes en 1 t de excreta fresca. (Kg)		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Vacuno	13,4	21	6,9	2,1	5,3
Equino	8,9	40	6,1	2,1	6,4

2.2.3.9. Suelo de serpentina

El suelo utilizado procede de las cercanías del área protegida, considerándose como un suelo pobre y difícil de laborar, con perfiles delgados con altos contenidos de piedra, gravas y con afloramiento rocosos. Categorizado como suelo fersialítico rojo par-duzco ferromagnesial. Este subtipo de suelo los valores de pH en CLK varía entre rangos de 4,9 y 6,9 calificado como medianamente ácido a neutro, el pH en agua alcanza valores entre 6,0 y 7,2 calificados de igual forma que el anterior. La acidez hidrolítica con valores de 0,4 y 4,4 meq/100g es calificada de baja a muy alta, predominando valores muy bajos y medianos. La acidez cambiante se califica de baja con valores entre 0,0 y 6,3 meq/100g estos valores con relación al porcentaje de saturación por bases que alcanza valores entre 70,04 y 100%, encontramos que son suelo medianamente saturados. La fertilidad está muy ligada a la capacidad de intercambio catiónico que alcanza valores entre 18,36 meq/100g y 50,0 meq/100g de suelo seco; calificándose de bajo a alta fertilidad, (Matos *et al.*, 2004).

2.2.4. Estructura de los sustratos

Las partículas del suelo tienden a agregarse entre sí usando como material de soldadura los diversos coloides del suelo (arcilla y humus) de esta manera los grupos y agregados formados mejoran la permeabilidad superficial de los suelos, además mejoran su aireación y su capacidad de retención de agua (Bonilla, 2001).

La capacidad de un suelo para retener el agua depende de la cantidad de espacios porosos capilares, estando estos relacionados con la textura y la densidad de los suelos.

Según Peñuelas y Ocaña (2000), los materiales usados en la formulación de sustratos para semilleros forestales son:

Materiales orgánicos: Estos son deseables porque generan gran cantidad de micro poros y por tanto una alta capacidad de retención de agua y tiene una elevada capacidad de intercambio catiónico (CIC), que beneficia la asimilación de nutrientes.

En los sustratos orgánicos el máximo nivel de absorción de nutrientes por la planta se lee a pH en torno a 5,5, mientras que suelos minerales oscilan entre 5,5 y 6 se controlan mejor las enfermedades más importantes.

2.2.4.1. Propiedades físicas

Entendemos por propiedades físicas a aquellas que podemos ver y sentir como: granulometría, color, retención de agua y aireación. Por el contrario, las propiedades químicas influyen en el suministro de nutrientes, y podemos apreciarlas con nuestros sentidos. Generalmente suele dársele más importancia a las propiedades físicas de los sustratos, ya que una vez seleccionada una mezcla como medio de cultivo, apenas puede modificarse su estructura física, a diferencia de su composición química, que puede ser alterada durante el desarrollo de la planta, mediante el riego y el abonado. Para cumplir correctamente sus funciones de regulación del suministro de agua y aire, los sustratos deben poseer una elevada porosidad y capacidad de retención de agua, unidos a un drenaje rápido y una buena aireación (Ansorena, 1994).

2.2.4.1.1. Densidad

Es la masa seca por unidad de volumen de medio seco. Debe ser suficientemente grande para que las plantas de cierta altura, se sostengan, pero no mucho para que el peso del material no sea excesivo y dificulte el manejo y transporte. Se considera óptimo de 100 a 800 g/l, con un valor mínimo de 300 a 400 g/l para la mayoría de las plantas en maceta, excepto para plantas grandes, las cuales pueden requerir una densidad de 500 a 750 g/l (Gómez, 2002).

El conocimiento de la densidad es muy importante, no sólo porque permite calcular la porosidad, sino que además, proporciona por sí mismo diversa información útil como: cantidad de sólido contenido en un volumen de sustrato comprado a granel, preparación de mezclas, ejecución de análisis químico en base a volumen, etc. (Ansorena, 1994). La porosidad de un medio de cultivo es el porcentaje de su volumen que no se encuentra ocupado por fase sólida, es decir, el cociente entre volumen de poros (V_p) y el volumen total que el medio ocupa en el contenedor (V_t). La porosidad varía en un

amplio intervalo de valores, desde un 30% en suelos compactados hasta cifras del orden del 95% en algunas turbas (Ansorena, 1994).

2.2.4.1.2. Porosidad total

Se define como el volumen porcentual del sustrato no ocupado por sus propias partículas. Una parte de este volumen corresponde a los poros que dan aireación a las raíces y son los de tamaño mayor a 30 micras. El resto de la porosidad es de tamaño pequeño (menores a 30 micras) y ofrecen una fuerte retención de agua, pues esta queda en forma de película alrededor de las partículas del sustrato, después del riego. Según Montoya y Camara (1996) se estima óptimo un valor del 60 a 80% del volumen del sustrato.

Se denominan macroporos a los mayores de 30 micras, los cuales se vacían de agua con el drenaje. Los microporos son llamados también capilares, su tamaño es menor de 30 micras y solo retienen agua, y no dan aireación a las raíces. Una porosidad de tamaño entre 30 y 100 micras da suficiente retención de humedad, pero si el tamaño oscila entre 30 y 300 se tiene una suficiente retención de agua y aireación radical.

2.2.4.1.3. Granulometría

La granulometría de los materiales empleados como sustrato suele ser muy variable, dependiendo de múltiples factores: origen y naturaleza, sistema de recolección, condiciones de trituración y tamizado. Según Gómez (2002), se recomienda una granulometría mediana a gruesa, con tamaños de 0,25 a 2,6 mm, que produzcan poros de 30 a 300 micras, lo que provoca una suficiente retención de agua y una buena aireación. También es importante que el tamaño de las partículas sea estable en el tiempo.

Las partículas mayores de 0,9 mm dan lugar a poros grandes (de más de 100 micras) y conforman sustratos con poca retención de agua, aunque buena aireación, mientras que las partículas menores de 0,25 mm tienen poros de tamaño pequeño (menores de 30 micras), lo que hace que el sustrato de esas características retenga una gran fracción de agua difícilmente disponible para las plantas y posea una aireación deficiente.

2.2.4.2. Propiedades químicas

La reactividad química de un sustrato se define como la transferencia de materia entre el sustrato y la solución nutritiva que alimenta las plantas a través de las raíces. Esta transferencia es recíproca entre sustrato y solución de nutrientes y puede ser debida a reacciones de distinta naturaleza:

a) Químicas. Se deben a la disolución e hidrólisis de los propios sustratos y pueden provocar:

Efectos fitotóxicos por liberación de iones H^+ y OH^-

Efectos carenciales debido a la hidrólisis alcalina de algunos sustratos que provoca un aumento del pH y la precipitación del fósforo y algunos microelementos.

Efectos osmóticos provocados por un exceso de sales solubles y el consiguiente descenso en la absorción de agua por la planta.

b) Físico-químicas. Son reacciones de intercambio de iones. Se dan en sustratos que contienen materia orgánica, o los de origen arcilloso (arcilla expandida) aquellos en los que hay cierta capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.). Estas reacciones provocan modificaciones en el pH y en la composición química de la solución nutritiva por lo que el control de la nutrición de la planta se dificulta.

c) Bioquímicas. Son reacciones que producen la biodegradación de los materiales que componen el sustrato. Se producen sobre todo en materiales de origen orgánico, destruyendo la estructura y variando sus propiedades físicas. Esta biodegradación libera CO_2 y otros elementos minerales por destrucción de la materia orgánica.

Normalmente se prefieren sustratos inertes frente a los químicamente activos. La actividad química aporta a la solución nutritiva elementos adicionales por procesos de hidrólisis o solubilidad. Si éstos son tóxicos, el sustrato no sirve y hay que descartarlo, pero aunque sean elementos nutritivos útiles entorpecen el equilibrio de la solución al superponer su incorporación un aporte extra con el que habrá que contar, y dicho aporte no tiene garantía de continuidad cuantitativa (temperatura, agotamiento, etc.). Los procesos químicos también perjudican la estructura del sustrato, cambiando sus propiedades físicas de partida (Gómez, 2002).

2.2.4.3. Propiedades biológicas

Cualquier actividad biológica en los sustratos es claramente perjudicial. Los microorganismos compiten con la raíz por oxígeno y nutrientes. También pueden degradar el sustrato y empeorar sus características físicas de partida. Generalmente disminuye su capacidad de aireación, pudiéndose producir asfixia radical. La actividad biológica está restringida a los sustratos orgánicos y se eliminarán aquellos cuyo proceso degradativo sea demasiado rápido.

Así las propiedades biológicas de un sustrato se pueden concretar en:

a) Velocidad de descomposición.

La velocidad de descomposición es función de la población microbiana y de las condiciones ambientales en las que se encuentre el sustrato. Esta puede provocar deficiencias de oxígeno y de nitrógeno, liberación de sustancias fitotóxicas y contracción del sustrato. La disponibilidad de compuestos biodegradables (carbohidratos, ácidos grasos y proteínas) determina la velocidad de descomposición.

b) Efectos de los productos de descomposición.

Muchos de los efectos biológicos de los sustratos orgánicos se atribuyen a los ácidos húmicos y fúlvicos, que son los productos finales de la degradación biológica de la lignina y la hemicelulosa. Una gran variedad de funciones vegetales se ven afectadas por su acción (Gómez, 2002).

2.2.4.4. Importancia del sustrato

Según Carneiro (1995), el sustrato es el medio en que las raíces se desarrollan, para formar el soporte estructural de la parte aérea de las posturas y que suministra las cantidades necesarias de agua, oxígeno y nutrientes. Sus características son el resultado de la interacción de fuerzas climáticas y de organismos vivos que actúan sobre el material de origen, formando un sistema compuesto por la fase sólida, líquida y gaseosa.

Según Montoya y Camara (1996), plantean que en un vivero moderno, el sustrato es después del contenedor y la mano de obra, el factor de mayor peso en el balance económico. La experiencia práctica ha venido demostrando su importancia, pues tanto

menor es el volumen disponible para las raíces, tanto mayor es la calidad exigible al sustrato, cuestión que hasta poco no se tenía en cuenta porque se utilizaban envases, como las bolsas de polietileno de mucho volumen. Sin embargo, a medida que el volumen de los envases se ha ido reduciendo es que comienza a considerarse la influencia del sustrato sobre la calidad de la planta.

Ansorena (1995), opina que la calidad del sustrato, entendida como su capacidad para suministrar aire, agua y nutrientes minerales a la planta, es el factor más importante para el cultivo con éxito de plantas en contenedor. Dicha calidad es muy variable a causa de la propia heterogeneidad de los ingredientes base (tipo de turba, granulometría, sistema de extracción), además de la presencia de subproductos, residuos y aditivos de variada naturaleza, composición, propiedades y grado de descomposición. Para que un sustrato se comporte de manera adecuada es necesario que exista un correcto reparto y composición de las fases sólidas, líquida y gaseosa, de los contenidos de materia seca y orgánica, así como de los valores de la relación carbono-nitrógeno (C/N); de la capacidad de intercambio catiónico (CIC).

2.3. Prácticas aplicadas en viveros

Los viveros forestales constituyen el primer paso en cualquier programa de repoblación forestal. Se definen como sitios destinados a la producción de plantas, donde se les proporciona todos los cuidados requeridos para ser trasladadas al terreno de plantación. Las necesidades de vivero en programas de reforestación se deben básicamente a que la inversión económica es mínima en lo referente a la preparación de sitio, fertilización y mantenimiento; además se tiene un mejor control durante el tiempo de reproducción de plantas (Jiménez, 1994).

Cañizares (1982), plantea que son múltiples las razones que abundan en pro del vivero sobre envase, entre las que se encuentra las siguientes:

1. Puede emplearse exactamente en el sitio que más interese.
2. El suelo a utilizarse se puede componer a voluntad y darle la fertilidad y estructura más adecuada.

3. Como el riego debe ser selectivo, el consumo de agua puede llegar a proporciones muy pequeñas.
4. Ofrecen grandes facilidades de protección en casos imponderables como ciclones, o traslados, ya que es fácilmente manipulable.

Según Samek (1969) plantea dentro las ventajas más importantes las siguientes: la mortalidad de las posturas después de plantadas es relativamente baja (si se aplican las medidas necesarias con cuidado); el crecimiento de las posturas después de plantadas es excelente (las posturas no sufren por el trasplante).

La deficiencia principal de los viveros en envase radica en el proceso de producción debido a que las operaciones principales se hacen manual, además se consideran aspectos negativos:

1. Anualmente, cuando se extrae la tierra para la llenadura de bolsa decenas de Ha de suelo pierden su capa fértil.
2. La necesidad de abastecer de suelo al vivero cada año.
3. La utilización de grandes cantidades de estacas en la construcción de canteros.
4. Deformación del sistema radical de la planta.

Las posturas de ***S. mahagoni*** se producen, normalmente, en envases para ser usadas en plantaciones con cepellón; en algunos casos se cultivan en almácigas para plantar a raíz desnuda. En Cuba, se están usando como envases bolsas de polietileno negro, llenas de areno arcillosa y materia orgánica bien descompuesta. En cada bolsa se colocan, dos semillas hasta una profundidad de 2 cm a 2,5 cm; la parte donde el embrión se sitúa hacia abajo y el ala hacia arriba. Se ha observado que en algunas semillas se forma el llamado "cuello de ganso" en el hipocótilo de algunas plántulas. Para obviar esta anomalía, algunos "viveristas" ponen a germinar las semillas en un "lecho de germinación" de aserrín o turba y cuando germinan la siembran una en cada envase, colocando la radícula en posición bien vertical. Las plantas se trasladan del lecho de germinación a los envases lo antes posible; si por causas imprevistas se demora algo el trasplante, se les cortan las radículas, dejándoles alrededor de 5cm de longitud (Betancourt, 1987).

Este mismo autor plantea que la germinación de la semilla de esta especie (*S. mahagoni*) hipogea y se inicia entre los 8 y 10 días; pudiéndose prolongar hasta los 30 días. Las semillas se ponen a germinar a finales de febrero o principios de marzo; si se les presta adecuada atención a las plantas en el vivero, se dispone de material plantable en Julio, o quizás antes.

2.3.1. Riego en vivero

El agua es el principal componente de las plantas, en algunas de cuyos órganos representa más del 90% en peso. Actúa como disolvente y medio de transporte de gases, minerales y otras sustancias esenciales para la vida vegetal, y es así mismo un reactivo de proceso fundamental como la fotosíntesis (Pizarro, 1996).

La mayoría de los procesos fisiológicos de la plantas están ajustados directa e indirectamente con el agua. Si a esto se le añade el reducido volumen de los contenedores actuales, que implica la necesidad de reducidos volúmenes de agua para la planta y la naturaleza de los sustratos comunes empleados, fácilmente deshidratables, se entiende que el riego sea una de las variables más importante y delicada de todo el proceso de cultivo en vivero (Navarro *et al.*, 1997).

El riego tiene entre sus objetivos: mantener la humedad del sustrato, mejorar la calidad de los cultivos, aumentar los rendimientos y además actuar como estabilizador del sustrato. Conocer los requerimientos hídricos y su momento de aplicación en las diferentes especies con las técnicas de riego apropiada puede ser una alternativa para enfrentar la escasez de tan preciado líquido (Portuondo, 1995).

El riego puede actuar positiva o negativamente en la morfología y el estado nutritivo de las plantas. Un riego excesivo puede producir el lavado de los nutrientes más solubles reduciendo la cantidad disponible para la planta o puede provocar un incremento elevado con la consiguiente ilusión nutritiva de algún elemento en los tejidos (Álvarez, 1994). Este autor afirma que un riego excesivo produce una planta de vivero con hojas demasiado grandes, o mecanismos estomáticos adaptados a una transpiración alta, y con amplias zonas meristemáticas no lignificadas, que hacen que la planta no pueda adaptarse al sitio de plantación. Por el contrario, el estrés hídrico causado por la mo

deración del riego limita el crecimiento, por lo que consiguientemente los niveles nutritivos en concentración (cantidad de nutrientes por una unidad de biomasa) pueden subir. Si el estrés inducido es elevado, la falta de humedad en el sustrato dificulta la absorción radical e impide además su extensión, aunque la concentración del mismo sea elevada (Oliet, 1997).

Según Pacheco *et al.*, (1995), se acepta que cuando a un cultivo se le aplica durante el ciclo vegetativo cierta cantidad de agua, que coincide con las necesidades biológica de la especie y variedad deben obtenerse rendimientos máximos si los demás factores que inciden en la obtención del mismo no resultan limitante, sin embargo esos rendimientos máximos de biomasa no son, necesariamente los que responden a los atributos de calidad buscados en el material plantado.

Landis *et al.*, (1994) plantea que la calidad del agua para el riego está determinada por dos factores:

1. La concentración y composición de las sales disueltas (salinidad total y presencia de iones tóxicos).
2. Existencia de propágulos de hongos, patógenos, de semillas de malas hierbas, algas.

Estos autores plantean que la salinidad se considera el principal factor negativo en la determinación de la calidad del agua de riego agrícola, siendo los principales síntomas que se presentan por los efectos de la salinidad: la reducción del crecimiento o formas achaparradas, puntas de las hojas quemadas o quemaduras más generalizadas, color azuleado y finalmente de las plantas en los casos más agudos.

El riego se puede manejar durante las diferentes fases de cultivo de acuerdo con Peñuelas y Ocaña (1996) ya que las necesidades son diferentes en cada etapa (Domínguez y Peñuelas, 1997):

1. Fase de establecimiento. El sustrato debe saturarse completamente. Antes de la germinación y en general durante toda esta fase, la principal pérdida de agua es por evaporación por la parte superior del contenedor. El riego debe realizarse en pequeñas cantidades y en con alta frecuencia para ir reponiendo el agua en la ca

2. pa de sustrato superior del contenedor, en la que además estará contenida la semilla. La frecuencia es importante ya que riegos excesivamente distanciados dejarán la semilla seca durante un tiempo, lo que provocaría una disminución en la tasa de germinación. Riegos excesivamente frecuentes con un estado de encharcamiento en la zona donde se sitúa la semilla pueden favorecer el desarrollo de hongos.
3. Fase de rápido crecimiento. En esta fase, la transpiración de la planta tiene cada vez más importancia, por lo que el consumo del agua se extiende por todo el contenedor conforme se extiende el sistema radical, el riego debe aplicarse en cantidad suficiente para saturar el sustrato y permitir una pequeña lixiviación ya que la falta de agua ocasiona una reducción del crecimiento de la planta al inhibirse la elongación de las células y el aporte de azúcares de la fotosíntesis (Hsiao, 1973; citado por Villar *et al.*, 1997).
4. Fase de endurecimiento. Las plantas presentan estrategias y mecanismos diferentes de resistencia a la sequía (Peña *et al.*, 1998). Esta fase tiene como objetivo frenar el crecimiento apical de la planta antes de almacenarla o transportarla. El procedimiento consiste en retener el riego durante un período de tiempo hasta observar las plantas marchitar o alcanzar un estrés hídrico predeterminado (Villar *et al.*, 1997).

En ausencia de agua, a juicio de Gómez *et al.*, (1981), las plantas cierran sus estomas, por lo que disminuye y no se mantiene el equilibrio térmico de las hojas elevándose la temperatura de la misma, también se anula el intercambio gaseoso. Esto provoca que los procesos metabólicos se modifiquen perjudicialmente para el vegetal, el cual para sobrevivir, tiene que hacerse tolerante a estas condiciones extremas. Es por ello la importancia del riego con la frecuencia necesaria para evitar la desecación de la parte inferior del cepellón, que puede producirse fácilmente debido a las imprescindibles aberturas existentes para evitar el auto repicado del envase (Montoya y Camara, 1996).

2.4. Envases

2.4.1. Características de los envases utilizados en el vivero

Según Domínguez y Peñuelas (1997) los envases y contenedores modernos en los que se cultivaran las plantas, son determinantes para su calidad, por lo que su elección debe ser cuidadosa, para utilizar el más adecuado expresando las siguientes características

a) Interior del envase

Debe ser estriado o acanalado (nunca liso), para garantizar que no se produzca enroscamiento de las raíces.

b) Auto repicado

El fondo del envase debe presentar una abertura para permitir la salida al exterior de las raíces, dando lugar al repicado, lo cual exige disponer los envases al aire y nunca en contacto con el terreno. La abertura no debe ser demasiado grande pues provoca la pérdida del sustrato, ni demasiado pequeña por que da lugar al crecimiento amontonado de las raíces al final del envase.

c) Volumen del envase

La capacidad del envase debe estar acorde con el tamaño y las necesidades de crecimiento en vivero de cada especie que se piensa producir. Un volumen menor del necesario repercutirá en la calidad de la planta al limitar un correcto crecimiento. Un mayor volumen del necesario puede encarecer y dificultar su manejo.

d) Se deben elegir los envases hechos con materiales ligeros, que no pesen demasiado para facilitar su manipulación, pero lo bastante sólidos para no sufrir roturas.

e) Funcionalidad del vivero.

Debe ser funcional, manejable, posibilitar su reciclaje y en definitiva, cualquier característica que puedan abaratar los costos de producción, sin afectar la calidad de la planta.

2.4.2. Producción de plantas en envases o contenedores

Las técnicas de producción de la planta en envases se basan en cultivos fuera del suelo, realizadas en cavidades de tamaño reducido, con el fin de controlar de esta manera bien, sean las condiciones de cultivo o las de implantación del monte.

Los objetivos a seguir serían:

Manejar durante el cultivo en vivero las variables de cultivo que puedan incidir sobre las condiciones fisiológicas de las plantas, incluyendo manipulaciones biotecnológicas como puede ser la micorrización.

2.4.3. Ventajas y desventajas del uso de contenedores.

Según Navarro *et al.*, (1997) citados por Cobas (2001) en general todos los contenedores presentan ventajas e inconvenientes; por lo que no puede hablarse de un envase ideal, ya que son varios los factores que definen el tipo más adecuado para cada especie.

2.4.3.1. Ventajas (Ocaña, 1991).

- Mayor probabilidad de arraigo al no tener mutilaciones en el sistema radical.
- Menor exigencia en la preparación del suelo para la repoblación.
- Es el único método posible de cultivo de plantas de especies que no resisten el repicado convencional.
- Su empleo permite alargar la duración de las campañas de plantación en climas de largos inviernos y sequías tempranas, además de ser el único método posible en estaciones sin paradas vegetativas.
- Disminuyen los costos de producción con respecto a la tecnología tradicional

2.4.3.2. Desventajas (Serrada, 1995).

- Mayor costo de producción, que será en el orden de 5 a 10 veces superior al de la planta a raíz desnuda para igual especie y edad.
- Mayor peso y volumen que la planta a raíz desnuda lo que implica el embalaje y transporte.
- Riesgos, según el tipo de envase, de obtener sistemas radicales de tamaño inferior o con retorcimiento de la raíz principal (espiralización).

- Mayor dificultad de micorrización de la planta al usarse frecuentemente sustratos estériles.

2.5. Atributos morfológicos de las plantas

Fors (1967) y Yero *et al.*, (1987), coinciden al indicar que el parámetro que no debe dejar de evaluarse es el tamaño de la planta.

Álvarez y Varona (1988), conceden especial atención a los atributos del sistema radical, mientras que, Mattson (1997), haciendo referencia a otros autores, explica que son numerosos los atributos morfológicos reportados por la literatura relacionada con la calidad de la planta; mencionando los siguientes: altura, diámetro del tallo, longitud de la yema, peso de la parte aérea y peso de la raíz.

2.5.1. Altura de la planta

La altura es uno de los parámetros más antiguos que fue utilizado en la calidad de la postura (Parvainen, 1981). Es fácil de medir, estable; pero no es muy informativo por si sola (Birchler *et al.*, 1998). Puede ser manipulada en vivero a través de la fertilización, riego y repicado. Se recomienda la utilización de posturas mayores para reforestar sitios fuertemente invadidos por la vegetación espontánea. También es posible para sitios más secos, donde se puede obtener una buena supervivencia mediante la colocación profunda de la postura (Parvainen, 1981). Las plantas utilizadas en la repoblación suele ser pequeña aunque no deben aceptarse, para cada especie, ni las plantas demasiado pequeñas, ni demasiado grandes (Montoya y Camara, 1996).

La altura de las posturas según Carneiro (1995), en el momento del plantío ejerce un papel importante en la supervivencia y desarrollo en los primeros años después de plantadas. Existen límites en el crecimiento en la altura por encima o por debajo de los cuales el desempeño de la altura no es satisfactorio después de plantadas.

Investigaciones realizadas al respecto han demostrado que existe una fuerte correlación entre el porcentaje de supervivencia en plantación y este parámetro. Schmidt Vogt (1996), en experimentos realizados en *Picea abies* concluyó que el diámetro del cuello y el grueso de la planta pueden ser parámetros equivalentes, coincidiendo con lo planteado por Parvainen (1981), quien expresa que el diámetro del cuello explica

entre el 70-80% de las diferencias de peso seco de la postura. En lo referente al peso, como parámetro de calidad tenemos que considerar, según

Carneiro (1981), los siguientes aspectos:

- a) Determinación del peso total
- b) Determinación del peso de la parte aérea
- c) Determinación del peso del sistema radical

2.5.2. Peso

El peso de la parte aérea es un buen indicador de la capacidad de resistencia de las plantas.

Carneiro (1995), establece que el peso de las raíces es un parámetro utilizado con frecuencia para caracterizar la masa total de raíces y puede ser considerado como medida fundamental de almacenamiento de fotosintatos en las plantas; sin embargo, no constituye un parámetro que caracterice con precisión la cantidad de raíces absorbentes en el sustrato.

En lugares donde la predación animal y la competencia con la vegetación espontánea amenacen el porvenir de los repoblados, se hacen necesario utilizar grandes superficies foliares. Algunas variables de cultivo como el riego, la fertilización o la presentación de micorrizas en vivero pueden modificar el área foliar de la planta producida. Dixon *et al.*, (1984), citado por Oliet (1997), establecen que en plantas de ***Quercus velutina*** en contenedor, la inoculación aumentó significativamente el área y esto se tradujo en mayor desarrollo del repoblado. También Grossnickle *et al.*, (1991), refieren que la inducción de un moderado estrés hídrico redujo significativamente este atributo en *Tsuga heterophylla*.

2.5.3. Área foliar

Según Oliet (1995), la magnitud de la superficie foliar está frecuentemente asociada con aspectos puramente fisiológicos en una doble vertiente. Haciendo referencia a lo planteado por Burdett (1990), explica que se relaciona con la transpiración, por ser la hoja del lugar por donde la planta pierde agua, de modo que un área puede ser grande o pequeña sólo en relación con la capacidad absorbente del sistema radical, o con

otros aspectos como el estudio del agua en las plantas. Se relaciona además, con la actividad fotosintética. El área foliar es sinónimo de potencial fotosintético de la planta, que regula tanto la supervivencia como el crecimiento postrasplante.

Los parámetros más utilizados frecuentemente para expresar el desarrollo de las raíces y su distribución son: número, peso, superficie, volumen, diámetro, longitud y número de nuevas extremidades. El grado de desarrollo de las raíces es un indicador de su capacidad absorbente. Sin embargo la funcionalidad del sistema radical depende no solo del tamaño adquirido sino también del porcentaje de superficie no suberificada o absorbente respecto al total, siendo este porcentaje determinado por el número de raíces finas (fibrosidad), en las que se concentra la actividad de extracción de agua al ser más activas y permeables con relación a las gruesas, cuya función fundamental está relacionada con la conducción y el anclaje de la planta (Oliet *et al.*, 1999).

A juicio de Oliet (2000), las propiedades del sistema radical, vista su estrecha relación con la capacidad absorbente de la planta, son más adecuadas para pronosticar la supervivencia en plantación que los atributos de la parte aérea. De modo que la obtención en vivero de sistemas radicales más y mejores desarrollados puede constituir una garantía de actividad de la planta, especialmente en zonas en condiciones adversas.

2.5.4. Atributos morfológicos del sistema radical

Desde el punto de vista descriptivo, un sistema radical de calidad sería aquel que tras unos años después de la plantación, hubiera adquirido una arquitectura radical similar al de una planta desarrollada espontáneamente (Figura 5). Esta facultad depende, en gran medida, de la conformación de las raíces en el vivero, carentes de deformaciones lo suficientemente intensas como para afectar el desarrollo futuro (Oliet, 2000).

2.5.4.1. Forma de la raíz

La forma ideal de la raíz es recta, colgante, sin enroscamiento (errores de dirección), glomérulos, lesiones etc. Se admite que una raíz bien fasciculada y de abundante cabellera es una condición necesaria para lograr un mejor y mas fácil arraigo en todas las especies forestales (Linch, 1995), (Figura 5).



Figura 5 Raíces de *Swietenia mahagoni*.

2.6. Atributos fisiológicos

Royo *et al.*, (1997), plantean que tradicionalmente se han venido utilizando las características estructurales de las plantas como criterios de selección. Sin embargo, se debe tener en cuenta que aunque la morfología es importante, sobre todo con referencia al manejo de la planta desde que se extrae del vivero hasta que se planta, es el estado fisiológico, definido por múltiples parámetros de difícil interpretación, el que puede informar sobre su evolución futura en el campo.

Duryea (1985), plantea que no debe tomarse las características fisiológicas como algo aislado sino que será su interacción con el ambiente y con las condiciones morfológicas, lo que determina el éxito o fracaso de la plantación.

La caracterización de la calidad de la planta fundamentada en su estado fisiológico consisten determinar, en primer lugar, que parámetros fisiológicos tienen una incidencia en el crecimiento y la supervivencia posterior al trasplante, para seguidamente determinar que valores de estos parámetros son los óptimos en relación a la respuesta producida (Oliet, 1995).

2.6.1. Nutrición mineral

Según Landis *et al.*, (1994), la importancia de la nutrición mineral sobre la calidad de la planta cultivada en contenedor no puede ser subestimada. Estos autores también consideran que a excepción del riego, probablemente sea la fertilización la práctica cultural más importante en los viveros forestales a partir de envases.

El estado nutricional afecta de manera determinante la resistencia al estrés y a las enfermedades, estando todos los procesos fisiológicos, así como muchos que determinan la morfología final, gobernados por este factor (Sutton, 1997; Rock, 1991; citados por Oliet, 1995). Sin embargo, la caracterización de la calidad en función de parámetros nutritivos tropieza con muchas dificultades relacionadas con la ausencia de valores de referencia de cada especie.

Mattsson (1997), plantea que en relación con la nutrición mineral, la concentración de N, P, K, ha sido principalmente utilizada en estos tipos de estudio, y la concentración foliar de N, potencialmente un predictor del crecimiento en la plantación. Switzer y Nelson (1963), citados por Mattsson (1997), hacen referencia a estudios realizados donde hay una regresión lineal, del contenido de N foliar y la altura en *Pinus loblolly* a los tres años de plantación, encontrándose una alta correlación entre las variables en estudio.

Según Mattsson (1997) el método de utilización del índice de vitalidad de las plantas (conductividad electrolítica) se basa en el principio de que las células con heridas contienen membranas dañadas, que posibilitan que el fluido escape dentro xilema. Comparando la conductividad del xilema a partir de posturas sanas y otras que presentan heridas, puede realizarse una estimación de la cantidad de daños. La liberación de los electrolitos es una de las pruebas que se utilizan en la evaluación de la calidad de la planta producida en viveros forestales (Villar *et al.*, 2000), constituyendo un atributo relativamente fácil de determinar. También comenta que es posible expresar la conductividad eléctrica tomada después del estrés como un valor relativo del máximo contenido de electrolitos.

2.6.2. Estado hídrico

Oliet (1997), comenta que el potencial hídrico y sus componentes pueden variar en minutos, pero la capacidad de regularlos es una condición intrínseca derivada de su capacidad de tolerar la sequía, menos cambiante con el tiempo. En consecuencia, no es tanto el estado presente o actual del agua lo que interesa a la calidad a la planta, como la reacción de ésta ante fenómenos externos de estrés.

El estado hídrico es una excelente referencia de la calidad de la respuesta de las plantas al ambiente, y los parámetros que lo definen: contenido hídrico relativo, déficit de saturación de agua, potencial hídrico y potencial osmótico, se utilizan como indicadores del mismo e incluso se aplican para el control de riesgos en viveros, especialmente el potencial hídrico de base, medido al amanecer. Su medida requiere de dispositivos relativamente sencillos, pero la interpretación de los valores obtenidos es problemática dada la complejidad de los factores que la determinan (Gil y Pardos, 1997).

2.7. Atributos de desarrollo

Chavassee (1980); Duryea (1985) y Grossnickle *et al.*, (1991), citados por Olier (1995), definen a los atributos de desarrollo como aquellos que indican la respuesta de la planta de vivero a condiciones ambientales normalizadas que supongan la inducción de un estrés de intensidad moderada y variable con el tipo de prueba que se realiza al considerar la respuesta al estrés. Su valor en la predicción de la calidad de la planta debe ser grande.

Según Burdett (1987), los atributos de desarrollo tienen la capacidad de resumir en uno o pocos parámetros muchos caracteres morfológicos (materiales) de calidad, por lo que se consideran atributos de síntesis.

2.7.1. Otros atributos de interés

Según Royo *et al.*, (1997), el potencial de crecimiento radical (**RGP**) es un atributo fundamental en la calidad de la planta debido a dos razones fundamentales:

1. Para la supervivencia de las plantas es clave la formación de nuevas raicillas, posibilitando la rápida reanudación de la toma de agua y nutrientes tras la plantación.
2. Es un buen indicador de que todos los sistemas de la planta funcionen correctamente.

El potencial de crecimiento de la raíz se define como la capacidad de crecimiento de la raíz, cuando la postura es establecida en condiciones favorables para el crecimiento (Ritchie y Tanaka, 1990). Estos mismos autores coinciden con Olier (1995) y Simpson *et al.*, (1994) en que este atributo es afectado por la temperatura del aire y del sustra-

to, fundamentalmente. La capacidad de producir nuevas raíces es un indicador del estado fisiológico actual (integridad funcional).

El procedimiento estándar se puede cambiar, ensayando las plantas en condiciones limitantes (sequía o bajas temperaturas de aires y suelo), como forma de adquirir una idea más representativa de su posible respuesta en unas condiciones ambientales más realistas lo que además permite detectar diferencias entre lotes con mayor facilidad (Grossnickle y Amott, 1991; citados por Birchler *et al.*, 1998).

Las pruebas de vigor según Gil y Pardos (1997), permiten evaluar la capacidad de las plantas de superar ciertas condiciones dañinas cuando sus raíces se someten a una atmósfera seca que posibilita simular las condiciones estresantes, que pueden darse en el trasplante.

La prueba de estrés de OSU, desarrollada en la Universidad del Estado de Oregón, permite comparar mortalidad y rapidez de apertura de yemas en muestras de un mismo lote. Es de utilidad para desechar lotes de plantas de mala calidad McCreary y Duryea, 1985; citados por Gil y Pardos (1997).

2.8. Índices morfológicos

2.8.1. Relación parte aérea-parte radical (PA-PR)

Según Gil y Pardos (1997), la relación PA/PR, en peso seco puede ser un excelente predictor del potencial de supervivencia, especialmente en sitios áridos para los que las plantas con valores más bajos de dicha relación sobreviven mejor que los que la tienen altas, lo cual se debe al reducirse la superficie transpirante respecto a la absorbente.

Van der Driessche (1984), señala que este atributo debe considerarse en la evaluación de la calidad, por su relación con diferentes procesos fisiológicos controlados por estado hídrico de la planta.

La gama de valores recomendados por diferentes autores es muy amplia, dependiendo de múltiples circunstancias. Gil y Pardos (1997) recomiendan valores entre 1 y 2 para el género *Pinus*. Oliet (1995), a partir de la utilización de diferentes fertilizantes,

obtuvo valores de 1,49 para *Ceratonia siliqua* y 1,97 para *Pinus halepensis*. Peña (1999) para *Prosopis pallida* obtuvo valores entre 2 y 2,8 al final del cultivo.

2.8.2. Esbeltez

Según Gil y Pardos (1997), la esbeltez constituye la relación existente entre la altura de la planta y su diámetro. Su cálculo permite hallar la resistencia mecánica de la planta frente al viento o la sequía.

Birchler *et al.*, (1998), plantea que es un indicador de la densidad de cultivo.

Oliet (1995), recomienda la disminución del valor de la esbeltez al aumentar la adversidad del lugar de plantación.

McGilvary *et al.*, (1982), citados por Oliet (1995), trabajando con plantas en contenedores comprobó que aumentar el espaciamiento conduce a una mejora en la calidad de la planta, a través de la disminución de la esbeltez.

2.8.3. Índice de calidad de Dickson

Gil y Pardos (1997) plantean que este combina parámetros morfológicos de longitud y peso, con el objetivo de expresar la potencialidad de la planta con relación a la sobrevivencia y el crecimiento.

En este sentido hay que expresar que Oliet (1995), obtuvo para *Pinus halepensis* valores de QI en el rango de 0,3-0,5 aplicando para ello tratamiento de fertilización.

2.8.4. Balance hídrico en la planta

Se trata de la expresión que relaciona el balance entre la parte aérea y radical en el que intervienen también el diámetro del cuello de la raíz como indicador de desarrollo de la planta (Grossnickle *et al.*, 1991). El balance hídrico en la planta puede expresarse además en término de peso aéreo y radical, si el objetivo es plántulas con raíces de similar fibrosidad. Ha sido utilizado con éxito en condiciones de sequía edáfica y con temperaturas bajas en el suelo. Este autor, obtuvo en *Picea glauca*, producida a raíz desnuda un valor de 9 expresando los pesos en gramos y el diámetro en centímetros, considerándose aceptable para la resistencia a la sequía.

2.8.5. Otras variables

2.8.5.1. Estabilidad y destubetado

La estabilidad del cepellón o estabilidad estructural viene dada por la resistencia que oponen los agregados a toda acción que tienda a modificar sus formas y sus dimensiones o a destruirlo, como es la influencia desintegrante del agua y de la manipulación mecánica. La estabilidad está dada por la cohesión de los agregados menos la presión capilar del agua (Cairo y Fundora, 1994).

2.8.5.2. Arquitectura radical

El concepto de arquitectura incluye los aspectos de tipología y distribución de las raíces. La arquitectura, referida a la orientación espacial del sistema radical, incluye la extensión y configuración de sus componentes como criterio morfológico de la calidad. Además, existen pruebas crecientes que indican que la arquitectura radical es un aspecto fundamental de la productividad de las plantas especialmente en muchos ambientes caracterizados por su baja disponibilidad de agua y nutrientes (Linch, 1995).

Desde el punto de vista descriptivo un sistema radical de calidad sería aquel que tras algunos años después de la plantación hubiera adquirido una arquitectura similar al de una planta desarrollada espontáneamente (Thompson, 1985), esta facultad depende en gran medida de la conformación de las raíces en el vivero, carentes de deformaciones lo suficientemente intensas como para afectar el desarrollo futuro de la misma (Oliet, 1997).

Cuantitativamente el grado de desarrollo de la raíz puede medirse en peso, volumen, longitud o superficie, y es un indicador de su capacidad absorbente. Sin embargo la funcionalidad del sistema radical depende no solo del tamaño adquirido sino también del porcentaje de superficie no suberizada o absorbente respecto al total y este porcentaje viene dado por el número de raíces finas (fibrosidad) que son aquellas en que se concentran la actividad de extracción de agua al ser mas activas y permeables, frente a las gruesas cuya misión se concentra fundamentalmente en la conducción y el anclaje de las plantas (Thompson, 1985). Cuando el estado hídrico de la planta es afectado negativamente por el déficit hídrico del suelo, el crecimiento de la parte aérea

se reduce más que el de la raíz por lo cual aumenta la relación (raíz/parte aérea) en el peso seco (Fernández, 1996 citado por Fajardo, 2005). Plantas con muchas raíces finas pueden tener la misma o menor biomasa que un sistema simple formada por una raíz principal con pocas ramificaciones, por ello, al caracterizar sistemas en plantas cultivadas bajo distintos régimen en viveros no debe utilizarse exclusivamente el peso seco o el volumen (Oliet, 1997).

2.9. Restauración ecológica

Los cuabales (Matorral Xeromorfo espinoso sobre serpentina) considerados como una formación vegetal en peligro, constituye uno de los centros más importantes devolución y de diversidad en Cuba, ocupan 7000 km² del territorio, donde ocurren la tercera parte de las especies endémicas de la flora de la isla. A pesar que se ha demostrado que el cuabal, en dependencia de su grado de afectación, generalmente es capaz de restablecerse mediante mecanismos naturales de recuperación, estos procesos son muy lentos y no garantizan la recuperación que formaban parte de su alta diversidad original. Esta, entre otras razones, hace que sea la restauración ecológica la única vía de lograrlo (Matos *et al.*, 2004).

Según Barrera *et al.*, (2004), la diversidad ecosistémica en Colombia se ha visto afectada por disturbios tales como: talas, incendios forestales, industria extractiva, uso agropecuario, invasión de especies exóticas, y la expansión urbana, entre otros que se refleja en la alteración del 40 % de su territorio. Como una consecuencia de dicha alteración se ha generado un impacto negativo en la economía familiar de muchas familias campesinas y de la población en general. Conscientes de los vacíos existentes en términos de conocimiento de los ecosistemas naturales disturbados y no disturbados, de los procesos que ocurren en su restablecimiento y con el ánimo de darles respuesta nace La Escuela de Restauración Ecológica (ERE). Como objetivos permanentes se plantea lo siguiente:

- a) La revisión del marco conceptual existente
- b) Desarrollo de metodologías acordes a las necesidades de restauración de las áreas disturbadas.

La propuesta pretende desarrollar entre sus miembros un pensamiento crítico y reflexivo creciente que además tenga en cuenta el desarrollo económico y social de las comunidades involucradas.

En el Valle del mezquital, la vegetación de los matorrales ha sido perturbada por sobrepastoreo, extracción selectiva de las especies útiles y apertura de los suelos al cultivo temporal y de riego con aguas tratadas reduciendo la cubierta vegetal original a pequeños manchones. Mediante la restauración de la vegetación semiárida de este lugar, a través del uso de plantas silvestres inoculadas con hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) provenientes del suelo de la zona. Se obtuvo que las plantas en condiciones de campo tienen niveles bajos de micorrización (30-35%), los inóculos responden bien en las primeras masificaciones aumentando tres veces su número de esporas, aunque después las masificaciones ya no son tan exitosas, incluso llegan a disminuir su número de esporas por debajo del nivel original. Las plantas micorrizadas de ***Prosopis***, ***Bouteloma***, y ***Opuntia***, en condiciones de invernadero a partir de semillas muestran una respuesta positiva en las variantes de crecimiento y en la supervivencia en campo. En especies como *Acacia* y *Mimosa* no muestran beneficios del mutualismo en el crecimiento, pero si en otros parámetros. Se concluye que la masificación de los HMA es posible usando maceta y plantas trampa, aunque hay que lograr mantener la diversidad y cantidad de esporas a lo largo del tiempo. (García y Monroy, 2004).

La ecología integral se plantea como la ecología del futuro en virtud que se construye sobre las cenizas del paradigma ecosistémico, los preceptos de la teoría de sistemas complejos, la excitante incertidumbre de la naturaleza en espirales, la utopía del desarrollo sustentable y el juego económico-matemático del costo de la opción no tomada. En biología de la conservación, ayudan a desarrollar plan de acción, los cuales, dependiendo del ecosistema a tratar tiene varios destinos:

- 1) Sustentabilidad
- 2) Rehabilitación de ecosistemas
- 3) Restauración de procesos ecológicos

- 4) Dirección de los patrones funcionales del ecosistema
- 5) Recuperación de la trayectoria ecológica de un lugar determinado.

De igual forma esta aproximación ecológica a los problemas ambientales, ayuda a la elaboración de indicadores de calidad ambiental y valoración ecológica (Gutiérrez, 2004).

Menéndez *et al.*, (2004), estiman que más del 30% de los manglares han sido afectados fundamentalmente por causas antrópicas, lo que está relacionado con el grado de asimilación socioeconómica y los impactos ambientales que los han afectado y han condicionado el estado actual de los mismos. Las afectaciones antrópicas sobre el manglar pueden resumirse en transformaciones y limitaciones en las condiciones hidrológicas de los ecosistemas: eliminación y disminución de los flujos e intercambios de agua, disminución de la renovación de las aguas, y disminución del aporte de aguas dulces y nutrientes con elevación sensible de la salinidad, la que puede ser letal para la vegetación.

Lozada y Pinzón (2004), comentan sobre la tendencia sucesional que ésta está determinada por la presencia de las comunidades en el bosque maduro y las condiciones topográficas. El uso del fuego es el mejor tratamiento para reactivar la dinámica sucesional en suelos degradados por prácticas antrópicas, ya que este puede romper la dormancia de la semilla. Manzano *et al.*, (2004), plantean que la implementación de un modelo de restauración ecológica integral, mediante un programa enfocado a recuperar los componentes funcionales del ecosistema de matorral.

2.10. Problemas relacionados con la reproducción de especies

La mayoría de las especies tropicales que se cultivan extensivamente se propagan por medio de semillas, sin embargo, no todas las especies valiosas producen semillas que pueden utilizarse fácilmente para este propósito. Algunas requieren condiciones peculiares de germinación que son desconocidas o difíciles de obtener en un vivero o en una cámara de germinación; además, las plántulas que se obtienen de las semillas de los árboles tropicales a veces necesitan mucho tiempo para crecer y su maduración puede tomar toda una vida (Packman *et al.*, 1992).

MATERIALES Y MÉTODOS

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de las condiciones de trabajo

Los experimentos se realizaron en el periodo comprendido desde enero del 2005 hasta marzo del 2006, en la Reserva Florística Manejada Sabanas de Santa Clara, perteneciente a la Unidad Administrativa para la Protección de la Flora y Fauna de la provincia Villa Clara. Se utilizó un vivero comunitario muy cercano al área ya mencionada (Figura. 6). Se trabajó de conjunto con en el laboratorio de suelo de la provincia donde se obtuvieron los datos de caracterización de los diferentes sustratos utilizados.



Figura 6 Vivero Comunitario. Producción en tubete negro A, tubete verde B.

3.2. Clima

En la Tabla 3 se muestran algunos elementos climáticos del primer semestre del 2005 tomados en la Estación Meteorológica del Yabú.

Tabla 3 Comportamiento de algunos elementos climáticos durante la etapa de vivero

Estación Meteorológica: Yabú							
Meses	Temp.	Temp.	Temp.	Rel. Me-	Rel.	Rel. Mí-	Precipitación
	Media	Máxima	Mínima	dia	Máxima	nima	
	(°C)	(°C)	(°C)	(%)	(%)	(%)	(mm)
Enero	20,3	26,8	15,5	74	96	42	4,9
Febrero	20,6	27,5	14,8	72	96	39	3,3
Marzo	23,7	31,1	16,9	71	97	36	37,7
Abril	23,8	30,7	17,6	67	95	40	15,4
Mayo	25,5	32,3	20,3	73	96	43	136,1
Junio	26,5	31,6	22,5	82	98	58	253,3

3.3. Colecta de frutos y semillas

Se utilizaron semillas de frutos colectados de un solo árbol ubicado en el área que se pretende restaurar, este árbol tenía características fenotípicas superiores a los demás y se considera un árbol joven. Se tomaron los frutos más grandes y maduros. Estos se almacenaron durante 48 horas en condiciones de sombra hasta que se abrieron. Para este trabajo, se seleccionaron las semillas más grandes y mejor formadas, teniendo en cuenta su aspecto físico. (Figura. 7).



Figura 7 Selección de frutos y semillas. A. selección positiva de frutos, B. selección positiva de semillas y C. fruto maduro en dispersión.

3.4. Actividades de vivero

3.4.1. Preparación de sustratos

Como sustratos se utiliza estiércol de vaca y caballo colectado en áreas cercanas a la comunidad y una mezcla de estos con un 20 % de suelo del área a restaurar (Tabla 4).

Tabla 4 Tipos de sustratos empleados

No	SUSTRATO	ABREVIATURA	COMPOSICIÓN
1	Estiércol de caballo + Suelo de Serpentina.	EC20S	80%+20%
2	Estiércol de caballo	EC	100%
3	Estiércol de vaca + Suelo de Serpentina.	EV20S	80%+20%
4	Estiércol de vaca	EV	100%
5	Suelo serpentinitico	SS	100%

La materia orgánica se usó directamente ya que llevaban más de 3 meses en el estercolero. Con el objetivo de homogenizar el sustrato, las mezclas se prepara

ron con dos semanas antes del llenado de los envases, tiempo durante el cual se le aplicó regadío para proporcionar el equilibrio de los cambios catiónicos y favorecer la solubilidad de las sales (Zazo, 1999) (Figura 8).



Figura 8 Preparación del sustrato.

3.4.2. Análisis químico de los sustratos

El análisis químico de los sustratos se realizó a través de la metodología descrita en la Norma Ramal 1988 del Ministerio de la Agricultura, (Análisis Foliar Método y Ensayo, que sustituye la Norma 564).

3.4.3. Envases y tratamientos

La producción de posturas forestales utilizando las bolsas de polietileno es una técnica tradicional sin embargo existen otros tipos de envases los cuáles han sido utilizado en numerosos trabajos con resultados satisfactorios. En este trabajo se usaron tres tipos de envases (Tabla 5 y Figura 9).

Tabla 5 Características de los envases utilizados en la investigación

Envase	Forma	Volumen (cm ³)	Altura (cm)	Color
Tubete plástico	Cónica	140	16	verde
Tubete plástico	Piramidal con base cuadrada	140	11,5	negro
Bolsa de polietileno	Cilíndrica	1120	19	negra



Figura 9 Tipos de envases utilizados.

Para el análisis del comportamiento de los sustratos se asumen 5 tratamientos y 3 tratamientos para los envases. Los cuales se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6 Tratamientos conformados.

Tratamientos	Nomenclatura
Sustratos	EC20S
	EC
	EV20S
	EV
	SS
Envases	Tubete negro
	Tubete verde
	Bolsa

3.4.4. Riego

Se comienza el riego desde el día primero después de sembradas las semillas. Durante la fase de establecimiento (tres semanas), el riego se efectuó cuatro veces al día, siempre en las horas frescas de la mañana (8:00 am y 11:00 am) y en la tarde (2:00 pm y 5:00 pm); el mismo se realizó en pequeñas cantidades para lograr mantener húmeda el sustrato y evitar la desecación de las semillas por evaporación (Leyva, 2005).

En la fase de crecimiento (once semanas) se mantuvo la frecuencia pero se incrementó la cantidad de agua; de manera que el sustrato estuviera siempre saturado y se logre la lixiviación (Leyva, 2005).

En la fase de endurecimiento (seis semanas) se reduce tanto la frecuencia como la cantidad, teniendo en cuenta el comportamiento morfológico de la planta siguiendo las experiencias de Leyva. (2005). La variación de frecuencia y cantidad en esta actividad se realiza de forma moderada para evitar cambios bruscos entre las diferentes fases.

3.4.5. Escarde

El escarde comienza 10 días posterior de la siembra y se mantiene como una frecuencia de dos veces al mes y siempre después de la aplicación del riego. El mismo se realiza teniendo en cuenta la posibilidad de enyerbamiento de los envases con suelo.

3.5. Descripción de la investigación

3.5.1. Estudio de germinación

La siembra en el vivero se realizó el 15 de enero de 2005. Se sembraron un total de 2550 semillas, 170 por tratamiento y una por tubete, ya que por experiencias de más de tres años trabajando con semillas de esta especie y ese árbol, en el proyecto Uso de la ***Swietenia mahagoni*** para la restauración ecológica en la Reserva Ecológica Monte Ramonal, en conjunto con la WWF, conocemos que la germinación de esta especie está entre el 95 y el 98 %. En la bolsa con los mismos sustratos se echaron más de una semilla, para sustituir las semillas no germinadas en los tubetes logrando el 100% de envases con posturas sin diferencias de edades.

El conteo de las semillas germinadas se realizó diariamente (según lo indicado por Norma Cubana 71-04:87); considerando como germinadas aquellas en las que emergía la radícula. Se determinó el porcentaje de semillas germinadas para cada sustrato en un período de 10 días (Figura 10).



Figura 10 Conteos para determinar % de germinación. A. germinación en bolsa. B. germinación en tubetes.

3.5.2. Evaluación de los atributos morfológicos de las plantas

Con el objetivo de evaluar el desarrollo de las plantas obtenidas en el experimento se determinó el comportamiento de tres variables: Altura de la planta (h), diámetro del cuello de la raíz (DCR) y longitud de las raíces (LR).

Se realizaron evaluaciones cada 30 días durante cinco meses, en este experimento se involucraron 1500 posturas (2 réplicas de 10 posturas por cada tratamiento).

3.5.2.1. Altura (h)

Dada la importancia que reviste el conocimiento del crecimiento en altura de las plantas, por su utilidad práctica es que se pretende evaluar este parámetro. Las mediciones de altura se realizaron utilizando una regla graduada y midiendo desde el cuello hasta la yema apical de la planta.

3.5.2.1.1. Dinámica de crecimiento

La medición de la altura comenzó a los 15 y se mantuvo a partir de ahí con una frecuencia de 30 días. Al final del proceso se define el tratamiento que mejor comportamiento mantuvo y se le aplican diferentes modelos matemáticos, para definir cual se ajusta mejor.

3.5.2.2. Diámetro del cuello de la raíz (DCR)

El diámetro del cuello de la raíz es otro atributo morfológico de fácil medición, considerado como un predictor de la supervivencia y desarrollo de la planta, da una aproximación de la sección transversal de transporte de agua, de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa para tolerar altas temperaturas en la superficie del

suelo (Birchler *et al.*, 1998). Para la medición de este parámetro se utilizó una regla graduada.

3.5.2.3. Longitud de las raíces (LR)

La longitud de las raíces se determinó tras sacar la parte radical por el cuello de la raíz con cuidado, lavarla en un recipiente con abundante agua. La medición se realizó con una regla graduada (Figura 11).



Figura 11 A. Lavado. B. Medición de la raíz.

3.5.3. Índices morfológicos

Para proporcionar información adicional de la calidad de las plantas frente a las consideraciones aisladas de los atributos morfológicos se calcularon los índices morfológicos. Las evaluaciones se realizaron cada 30 días durante seis meses, en este experimento se involucraron 300 posturas (2 réplicas de 10 posturas por cada tratamiento).

3.5.3.1. Relación parte aérea-parte radical en peso (PSA/PSR)

Este indicador es una excelente herramienta para predecir el potencial de supervivencia de las plantas. Según Carneiro (1981), referente al peso (Figura 12), como parámetro de calidad considera los siguientes aspectos:

- Determinación del peso total.
- Determinación del peso de la parte aérea.
- Determinación del sistema radical.



Figura 12 Determinación del peso seco. A. posturas listas para pesar. B. Estufa utilizada en el secado.

Para este estudio se llevaron las plantas al laboratorio de la Universidad Central de la Villas, se lavó y separó la parte radical de la parte aérea, se secaron las muestras en una estufa a 70° C durante 24 horas hasta peso constante y se determinó en una balanza de precisión de 0,01 g el peso seco de cada una de las fracciones.

3.5.3.2. Relación altura-diámetro o esbeltez (h/d)

La esbeltez es la relación que existe entre la altura y el diámetro del cuello de la raíz y se calculó a través de la siguiente formula:

$$\text{Esbeltez} = h/d$$

h = altura (cm),

d = diámetro (mm).

3.5.3.3. Índice de calidad de Dickson (QI)

Con el objetivo de expresar la potencialidad de la planta en relación con la sobrevivencia y el crecimiento. Sobre la base de la combinación de parámetros morfológicos de longitud y peso según Gil y Pardos (1997), se calcula el índice de calidad se mediante la siguiente fórmula:

$$QI = \frac{PT}{\frac{L}{D} + \frac{PSA}{PSR}}$$

Siendo:

PT-Peso Seco total (g).

L-Longitud de la planta (cm).

D-Diámetro del cuello de la raíz (mm).

PSA-Peso seco aéreo de la planta (g).

PSR-Peso seco de la raíz (g).

3.5.3.4. Balance hídrico de la planta (BAP)

Se trata de la expresión que relaciona el balance entre la parte aérea y la radical en el que interviene el diámetro del cuello de la raíz como indicador del desarrollo de la planta (Grossnickle *et al.*, 1991).

Se determinó mediante la fórmula siguiente:

$$BAP = \frac{PSA}{D * PSR}$$

donde:

BAP-Balance Hídrico de la planta.

D-Diámetro del Cuello de la Raíz (cm)

PSA-Peso seco aéreo (g).

PSR-Peso seco radical (g).

3.5.4. Determinación de atributos de desarrollo

3.5.4.1. Potencial de crecimiento radical (RGP)

Este potencial fue evaluado teniendo en cuenta la metodología planteada por Villar *et al.*, (1997), como el número y la longitud total de nuevas raíces mayores de 1 cm por planta que se formaron.

En este análisis se utilizaron 420 posturas, (2 réplicas de 14 posturas por cada tratamiento). Asumiendo los criterios de Sutton (1990), las posturas fueron plantadas en el área a restaurar y expuestas a las condiciones que impuso la naturaleza, ya que este autor propone la realización de la prueba en condiciones desfavorables para el crecimiento, algo estresante, con el objetivo de aproximar la respuesta a la situación real después de realizar la plantación.

A los 30 días se fue nuevamente al campo, se extrajeron del suelo con sumo cuidado, utilizando una barreta plana y una piocha, (humedeciendo previamente los perímetros de la postura) y se contaron las raíces blancas mayores de 1 cm que se prolongaban fuera del cepellón.

3.5.5. Mediciones de las variables destubetado, estabilidad del sustrato y arquitectura radical

Para la determinación de estas variables se utilizaron 300 plantas, (2 réplicas de 10 posturas por tratamientos) y se establecieron diferentes niveles de evaluación (Tabla 7)

Tabla 7 Niveles establecidos para las variables destubetado, estabilidad del sustrato y arquitectura radical

Variables	Niveles		
	1	2	3
Destubetado	Fácil	Medio	Difícil
Estabilidad del sustrato	Alta	Intermedio	Baja
Arquitectura radical	Óptima	Aceptable	Mala

En la Figura 13 se pueden observar los diferentes modelos de arquitectura radical: óptimo, (A.) presentan un sistema radical mejor distribuido y abundantes raíces se

cundarias y terciarias. El modelo aceptable, (B.), es similar al anterior pero con una distribución más heterogénea, menor desarrollo de las raíces secundarias y una disminución moderada de las terciarias. El modelo malo, (C.), presenta una disminución considerable de secundarias y terciarias, manifestándose solo desarrollo de la raíz primaria.



Figura 13 Arquitectura radical, A. óptima, B. media y C. mala.

3.5.6. Restauración o plantación

La restauración se realizó el 13 de junio del 2005, sobre un suelo de serpentina (Figura 14). Para ello se utilizaron todas las posturas que quedaban en el vivero (630) las cuales se llevaron a un suelo sin preparación de tierra, solo se realizó la construcción de un pequeño hoyo de plantación hecho con la piocha en el momento de plantar.

Esta actividad se realizó protegiendo todas las plantas que existen en el entorno en cualquiera de los tres estratos, solo se incorporaron las posturas como un elemento más del lugar, con número y espaciamiento similar al existente en las áreas naturales con alto grado de conservación (Matos *et al.*, 2004).



Figura 14 A. Plantación de posturas en condiciones naturales. B. Postura establecida con 8 meses de edad.

3.6. Evaluaciones de efectividad de la técnica para la restauración

La evaluación se realizó a través del porcentaje de supervivencia, la esbeltez y la evaluación económica productiva.

3.6.1. Supervivencia

Para el cálculo del porcentaje de supervivencia se empleó la fórmula siguiente:

$$\% \text{ sup ervivencia} = \frac{P_v}{(P_v + P_m)} * 100 \quad \text{donde:} \quad \begin{array}{l} P_v = \text{plantas vivas} \\ P_m = \text{plantas muertas} \end{array}$$

3.6.2. Esbeltez en plantación

Del total de posturas vivas que quedaron en el campo se seleccionaron 20 con 2 réplicas por cada tratamiento de forma aleatoria, a las cuales se les midió la altura desde el suelo hasta la yema terminal y el diámetro del cuello de la raíz en la base de la planta para calcular la esbeltez y compararla con los resultados obtenidos en vivero determinando si ha mantenido un comportamiento positivo a negativo en cuanto a este índice morfológico.

3.6.3. Valoración económica de la producción de plantas con la tecnología de tubetes

Se analizaron todos elementos de gasto que intervienen en el costo total de producción, teniendo en cuenta las dos tecnologías productivas de plantas en envases evaluadas (bolsa y tubetes), para lo cual se tomaron los datos medios zonales de la Empresa Forestal Integral de Villa Clara en un período de 10 años y los datos medios zonales para la restauración de la Empresa Flora y Fauna en ese mismo período, comparándose con el costo al aplicar la técnica de tubetes, mediante la confección de cartas tecnológicas las cuales se realizaron con ayuda del tabulador electrónico Excel para Windows.

3.7. Análisis estadísticos

El análisis estadístico de los datos experimentales se realizó con el Programa SPSS 10.0. Al encontrarse diferencias significativas se aplica la prueba de Duncan, para determinar el mejor tratamiento. Se halló la correlación entre los atributos evaluados y los índices morfológicos mediante el uso del coeficiente de correlación de Pearson.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Sustrato

En la Tabla 8 se muestra la caracterización química de los componentes individuales de los sustratos, según el análisis del Laboratorio de Suelo de Santa Clara.

Tabla 8. Caracterización química de los sustratos (en porcentaje)

Sustratos	pH	R-C/N	N	P	K	Ca	Mg	MO
EC	7,0	19,19	2,19	0,15	0,23	0,82	1,00	75,10
EC20S	6,5	14,40	1,07	0,17	0,27	0,78	0,18	81,90
EV	6,3	18,98	2,54	0,17	0,14	0,72	2,21	79,80
EV20S	6,7	14,59	1,71	0,28	0,17	0,40	0,13	72,50
SS	7,2	17,6	2,05	0,14	0,11	0,86	1,13	54,20

Estos resultados presentan similitud a los obtenidos por Quintero y Valdez, (2005) y Valdés y García, (2002), al igual que los autores antes mencionados, los sustratos de estiércol de vaca y de caballo son semejantes y además estos son superiores al de suelo de serpentina, coincidiendo por lo planteado por Gojenola y Ansorena (1994) de que el incremento de los ingredientes orgánicos mejora las propiedades físicas y químicas de los sustratos.

4.2. Comportamiento de la germinación

La germinación comenzó a partir del sexto día y a los 10 días se obtiene el día del vigor en todos los sustratos empleados. Como se observa en la Tabla 9 y la Figura 10, el porcentaje de germinación total fue de 94,2 % (Figura 15), demostrando que las semillas recién cosechadas tienen un alto porcentaje de germinación como dice Betancourt (1987) quien reporta 80-90% y coincidiendo con los resultados de Fajardo (2005) para una especie de la misma familia.

Los mayores porcentajes de germinación se obtienen cuando se utilizaron los sustratos: EC20S, EV20S y EV. El menor porcentaje de germinación se obtiene cuando se

emplea suelo de serpentina (SS), lo que puede estar dado por las características de este sustrato (Tabla 9), corroborando los criterios de Vázquez y Torres (1995), quien afirma que una buena composición física y química de los sustratos ejercen una influencia positiva en la capacidad de la semilla para germinar.

Tabla 9 Porcentaje de germinación para cada sustrato:

No	Sustratos	% de germinación
1	EC20S	95
2	EC	94
3	EV20S	95
4	EV	95
5	SS	92
Total		94,2



Figura 15 Vista final del proceso de germinación.

Cobas (2001) comprobó también que componentes como el humus de lombriz y la corteza de pino compostada, tiene una marcada influencia sobre la germinación de las semillas de majagua (*Hibiscus elatus*), coincidiendo con los criterios de Villagómez (1987) y Winckler *et al.*, (2000), quienes plantean que la germinación de las semillas está influenciada por las características químicas y físicas del sustrato.

4.3. Comportamiento de los atributos morfológicos de la planta

4.3.1 Altura

Los resultados del comportamiento de la variable altura, en cada tratamiento se pueden observar en la Tabla 10.

Tabla 10 Comportamiento promedio de la altura, (h) a las 14 semanas de cultivo.

Sustratos	n	1	2	3	4
SS	60	7,298 d			
EC20S	60		10,927 c		
EC	60		11,318 c		
EV20S	60			13,380 b	
EV	60				14,420 a

En una misma columna valores seguidos de diferentes letras difieren significativamente para $p < 0.05$ (n = 60 plantas por tratamiento)

Al realizar el análisis del comportamiento de la altura por sustratos podemos observar que las mayores alturas se obtienen al usar estiércol de vaca al 100 % seguida de las obtenidas sobre estiércol de vaca con el 20 % de suelo, (EV y EV20S), existiendo diferencias significativas entre los tratamientos, Los crecimientos más bajos se obtienen al emplearse como sustrato suelo natural (SS) existiendo diferencias significativas entre ellos. Esto está relacionados con la características químicas de los sustratos (Tabla 8), donde podemos apreciar que los sustratos EV20S y EV presentan un pH entre los rangos recomendados por Ansorena (1994) quien señala que pH entre 5,2 y 6,3 favorecen la disponibilidad de nutrientes, coincidiendo con Fajardo (2005), para la *Swietenia macrophylla*. Además presentan un mayor porcentaje de nitrógeno, fósforo y valores por encima del 60 % de MO, aspecto muy importante, por su influencia en las propiedades físicas, contribuir a la fertilidad y a la capacidad de intercambio catiónico, como señalan Cairo y Fundora (1995), no sucediendo así con el suelo natural.

4.3.1.1. Dinámica del crecimiento en altura

Como resultado del análisis de regresión hecho a los diferentes modelos estudiados (Tabla 11) se considera como el mejor la de crecimiento, expresada por la siguiente función:

$$h = e^{(0,015935 + (0,001041t))}$$

Según Soto (1986), no se debe tener en cuenta solamente al seleccionar un modelo, la relación que existe entre la variable analizada y el tiempo, sino que se debe reali

zar un análisis de los residuales, o sea, la variación de los valores prácticos con respecto a los estimados con la regresión.

Tabla 11 Resultado del análisis de regresión hecho a cada uno de los modelos estudiados

Modelo	R ²	SE	F	S _e ²	Significación
Cúbica	0,8040	5,0807	166,89	25,8141	,0000
Cuadrática	0,7858	5,2905	225,63	27,9902	,0000
S	0,5632	0,6725	159,91	0,4523	,0000
Crecimiento	0,6538	0,5987	234,26	0,3584	,0000

Como se aprecia en la Tabla 11, los valores que mejor expresan el ajuste de la función obtenida, son aquellos con menores errores de estimación y sobre todo, los bajos valores residuales más cercanos a cero y que concuerda con la función de crecimiento (Figura 16).

Un resultado semejante alcanzan Cobas *et.al.*, (2003) en *Hibiscus elatus* con sustratos de composición orgánica en contenedores, entre los que se encuentran también el estiércol de caballo, humus de lombriz, y otros, cuya función fue una exponencial como la siguiente: $y = b_0 + e^{(b_1 t)}$, al igual que Medina (2004) para *Eucalyptus grandis*, también con sustratos orgánicos y en contenedores.

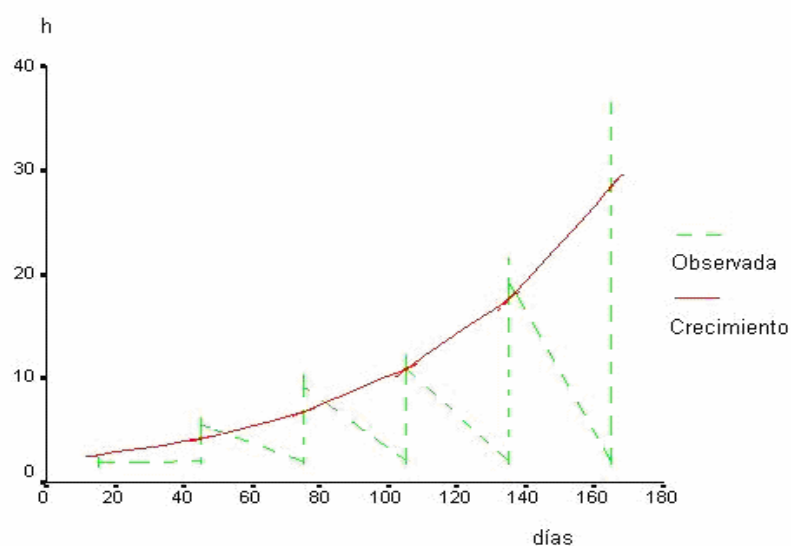


Figura 16 Comportamiento del crecimiento en altura con la función de crecimiento con el sustrato de mejores resultados (EV)

4.3.2. Diámetro del cuello de la raíz

Los resultados del comportamiento del diámetro, en cada tratamiento se pueden observar en la Tabla 12.

En cuanto al sustrato podemos observar un comportamiento muy similar al crecimiento en altura. Los mayores diámetros se obtienen al utilizarse estiércol de vaca al 100 y 80 %. Estos valores del diámetro son superiores a los obtenidos por Benítez (1998), pero en la especie *Hibiscus elatus*, en la que se empleó como sustrato corteza de majagua semicompostada

Tabla 12 Comportamiento promedio del diámetro de cuello, (DCR) a las 14 semanas de cultivo

Sustratos	n	1	2
SS	60	4,3167 b	
EC20S	60	4,5500 b	
EC	60	4,5500 b	
EV20S	60		5,4833 a
EV	60		5,7333 a

En una misma columna valores seguidos de diferentes letras difieren significativamente para $p < 0.05$ (n = 60 plantas por tratamiento)

Barnett (1984) plantea que el diámetro del cuello de la raíz, es uno de los atributos morfológicos más ampliamente utilizados en la caracterización de la calidad de la planta. Ofrece una relación muy favorable entre el bajo costo de su medición y su capacidad de pronóstico de respuesta en el campo, especialmente en zonas adversas donde las predicciones de crecimiento y particularmente de supervivencia son más difíciles de establecer como es el caso de la restauración sobre serpentina.

4.3.3. Comportamiento de la longitud de las raíces

Como puede observarse en la Tabla 13, no hay diferencias significativas entre los distintos sustratos para la longitud de las raíces, pues este parámetro morfológico está más influido por la dimensión del envase, como señala Domínguez (1997) al describir las ventajas de los envases y destacar que el mismo impide o reduce dentro de un límite aceptable las deformaciones de las raíces.

Tabla 13 Comportamiento promedio de la longitud de las raíces, (L:R) a las 14 semanas de cultivo.

Sustratos	n	1
SS	60	16,50 a
EC	60	17,17 a
EC20S	60	17,50 a
EV20S	60	18,27 a
EV	60	19,17 a

En una misma columna valores seguidos de diferentes letras difieren significativamente para $p < 0.05$ (n = 60 plantas por tratamiento)

4.4. Comportamiento de los índices morfológicos

4.4.1. Comportamiento de la relación parte aérea-parte radical en peso

Para evaluar la calidad morfológica de la planta cultivada en envase es muy importante evaluar los atributos morfológicos parte aérea / parte radical ya que es vital mantener este equilibrio para lograr el balance hídrico. Una cierta cantidad de área o masa foliar necesita una cierta cantidad de raíces para absorber agua del suelo y compensar la transpiración así como potenciar el sistema radical para dotarla de una arquitectura capaz de satisfacer la demanda de agua de la parte aérea Leyva, (2005).

El análisis de varianza realizado a la variable peso seco de parte aérea / parte radical (Tabla 14), mostró que los valores que se obtienen al utilizarse estiércol de vaca (EV), son los mejores existiendo diferencias significativas entre este y los demás tratamientos. Esto indica que la producción de raíces es abundante con respecto al área foliar y las plantas tienen un alto potencial para evitar la desecación.

Tabla 14 Comportamiento de los índices morfológicos peso seco aéreo entre peso seco radical, (PSA/PSR) a las 14 semanas de cultivo.

Sustratos	n	1	2	3	4
EV	60	1,0473 a			
EV20S	60		1,1268 b		
EC20S	60			1,1958 c	
EC	60			1,2285 c	
SS	60				1,3810 d

En una misma columna valores seguidos de diferentes letras difieren significativamente para $p < 0.05$ (n = 60 plantas por tratamiento)

A pesar de que todos los valores están dentro de los rangos positivos recomendados por Hobbs (1984) citados por Oliet (2000) y Leyva (2005), en esta investigación los peores valores se obtienen al usar como sustrato suelo de serpentina al 100 %, (SS). Este como no está mezclado con otros componentes tiene características físicas y químicas inferiores a los demás sustratos usados (Tabla 8), coincidiendo con lo planteado por Peñuelas y Ocaña (1996) quienes dicen que los medios de crecimiento modernos se preparan con dos o más componentes, relacionados para aportar las propiedades físicas, químicas o biológicas deseables. En esta investigación queda demostrada la relación directa que existe entre parte aérea / parte radical y el tipo de sustrato.

De forma general los resultados obtenidos en la investigación están entre 0,9 -1,44 siendo muy similares a los recomendados por Gil y Pardos (1997) para el género ***Pinus***. Oliet (1995), con el empleo de diferentes fertilizantes, obtuvo valores de 1,49 para ***Ceratonia siliqua*** y valores superiores en ***Pinus halapensis***; y que a su vez se asemejan a los obtenidos por Grene (1978); Mullin *et al.*, (1982) y Hobbs (1984) citados por Oliet (2000), los cuales aconsejan valores entre 1,5 y 2 para esta relación, indicando ésta una mayor capacidad para superar el momento crítico del arraigo.

4.4.2. Comportamiento de la esbeltez

Según Birchler *et al.*, (1998), consideran que éste parámetro es muy importante en las plantas cultivadas en contenedor, donde se pueden desarrollar plantas ahiladas. Analizando estos resultados observamos que los mejores valores se alcanzan al utilizar suelo de serpentina al 100 %, (SS) (Tabla 15), presentan menor relación entre la altura y su diámetro, siendo los más aconsejables para la plantación en condiciones extremas de sequedad, por lo que estas plantas deben tener mayor resistencia mecánica frente a variables desfavorables del medio como son: el viento, la sequía, entre otras, el resto de los sustratos mantienen un comportamiento similar, no existiendo diferencias significativas entre ellos y presentando valores que pueden considerarse como favorables, si se toma como referencia los resultados de Fajardo (2005) y Cobas (2001).

Tabla 15 Comportamiento del índice morfológico esbeltez, (h/d) a las 14 semanas de cultivo.

Sustratos	n	1	2
SS	60	1,8367a	
EV20S	60		2,5217 b
EC20S	60		2,5717 b
EV	60		2,6030 b
EC	60		2,6833 b

En una misma columna valores seguidos de diferentes letras difieren significativamente para $p < 0.05$ ($n = 60$ plantas por tratamiento)

Estos resultados no coinciden con los obtenidos al analizar los parámetros morfológicos medidos y la relación parte aérea parte radical, lo que está dado por ser los tratamientos donde menor desarrollo obtienen las plantas y por tanto donde menor biomasa foliar por unidad de superficie existe, lo que reduce el efecto de ahilamiento. Por tanto este atributo por si solo no es recomendable para definir la calidad de la planta.

4.4.3. Comportamiento del índice de calidad de Dickson

Los mayores valores del índice de calidad de Dickson se obtienen al utilizarse estiércol de vaca (EV), seguido del estiércol de vaca con un 20 % de serpentina (EV20S) existiendo diferencias significativas entre ellos (Tabla 16). Lo deseable es que la planta alcance los valores máximos, lo cual implica que por una parte el desarrollo total de la planta es grande y que al mismo tiempo las fracciones aérea y radical están equilibradas (Oliet, 2000). Los valores más bajos se presentan al utilizar suelo de serpentina al 100 % (SS), lo que está condicionado por las características de este sustrato (Tabla 8).

Estos valores son superiores a los obtenidos por Medina (2004) para *Eucalyptus grandis*, similares a los de Cobas (2001) para *Hibiscus elatus* Sw e inferiores a Oliet (1995) en *Pinus halapensis* lo que nos demuestra que cada especie tiene un comportamiento diferente ante este índice.

Tabla 16 Comportamiento del índice morfológico de calidad de Dickson, (QI) a las 14 semanas de cultivo

Sustratos	n	1	2	3	4
SS	60	0,09250 d			
EC20S	60		0,1170c		
EC	60		0,1195c		
EV20S	60			0,1397b	
EV	60				0,1548a

En una misma columna valores seguidos de diferentes letras difieren significativamente para $p < 0.05$ (n = 60 plantas por tratamiento)

4.4.4. Comportamiento del Balance Hídrico de la planta

Los mejores valores de este índice se obtienen al utilizar estiércol de vaca al 100 %, (EV), seguido por el estiércol de vaca con un 20 % de serpentina, (EV20S), existiendo diferencia significativa entre ellos (Tabla 17), coincidiendo con los resultados obtenidos para el índice de calidad de Dickson y para la relación parte aérea parte radical, (PA/PR). Los demás sustratos también presentan valores positivo de ésta variable ya que se consideran pequeños tomando como referencia los resultados de Cobas (2001) y Grossnickle *et al.*, (1991), quienes consideran como bajo valores de 9, para la especie *Picea glauca*. Estos autores plantean que valores menores de este índice son significativamente favorables y puede considerarse como un indicador de predicción en cuanto a su resistencia a las condiciones adversas de sequía edáfica. Los resultados en este índice son superiores a los obtenidos por Fajardo (2005), para la *Swietenia macrophylla*.

Tabla 17 Comportamiento índice morfológico balance hídrico de la planta, (BAP) a las 14 semanas de cultivo

Sustratos	n	1	2	3	4
EV	60	2,6177 a			
EV20S	60		2,8162 b		
EC20S	60			2,9882 c	
EC	60			3,0712 c	
SS	60				3,4547 d

En una misma columna valores seguidos de diferentes letras difieren significativamente para $p < 0.05$ (n = 60 plantas por tratamiento)

4.4.5. Relaciones entre atributos e índices

Con los datos relativos a los atributos morfológicos y sus índices, independientemente de los tratamientos aplicados, se procedió al análisis de las correlaciones existentes entre ellos.

En la Tabla 18, se presenta la matriz de correlación entre índices y atributos morfológicos, destacándose valores altos mayores de 0,90 entre altura de la planta, peso seco aéreo, peso seco radical, peso seco total e índice de Dickson, también podemos observar una alta correlación mayor de 0,90 entre el índice de Dickson con el diámetro de cuello, el peso seco aéreo, el peso seco radical y el peso seco total, así como entre el peso seco radical y el peso seco total, siendo similar a los obtenidos por Cobas (2001) y Fajardo. (2005).

Tabla 18 Correlación entre los diferentes atributos e índices morfológicos

	DCR	L:D	PSA	PSR	PST	PA/PR	BHP	QI
L	,8370	,1744*	,9909	,9744	,9570	,7794	-,7462	,9443
DCR		-,3688*	,8440	,8144	,8126	-,5969	-,5845	,9270
L:D			,1496*	,1495*	,1294*	-,1840*	-,1358*	-,0939*
PSA				,9822	,9550	-,7777	-,7430	,9595
PSR					,9623	-,8717	-,8439	,9666
PST						-,8321	-,8004	,9419
PA/PR							,9935	-,8101
BHP								-,7892

Marcado con asterisco, (*) indica diferencia significativa para $p < 0,05$

El índice de calidad de Dickson estuvo estrechamente relacionado con la mayor parte de los parámetros morfológicos no comportándose así con los demás índices coincidiendo con Cobas (2001) y Fajardo (2005).

El índice de menor correlación es la esbeltez (valores por debajo de 0,17) y presenta además diferencias significativas con los demás parámetros e índices medidos.

4.5. Atributos fisiológicos

4.5.1. Atributo de desarrollo

4.5.1.1. Análisis del comportamiento de la evaluación del potencial de desarrollo radical

Los sustratos donde las plantas alcanzan un mayor desarrollo radical son los obtenidos a partir de estiércol de caballo seguidos del estiércol de vaca (Figura 17). No existen diferencias significativas entre ellos (Tabla 19), pero sí con el sustrato de suelo de serpentina (SS). Estos resultados se acercan a los obtenidos por Villar *et al.*, (1997), los que plantean que las plantas de varias especies con más de 30 raíces alcanzan posteriormente más del 80% de supervivencia. Las plantas obtenidas sobre estiércol tendrán más capacidad de desarrollo al ser plantadas, por el mayor número de raíces vivas capaces de absorber agua por unidad de superficie, coincidiendo con Burdett (1987), quien plantea que el potencial de formación de raíces es simplemente una prueba que da la medida de la integridad funcional de la plántula; un buen potencial de formación de raíces indicaría, por tanto, que las raíces están vivas y son eficaces en la absorción de agua y la parte aérea se encontraría en un estado fisiológico óptimo.

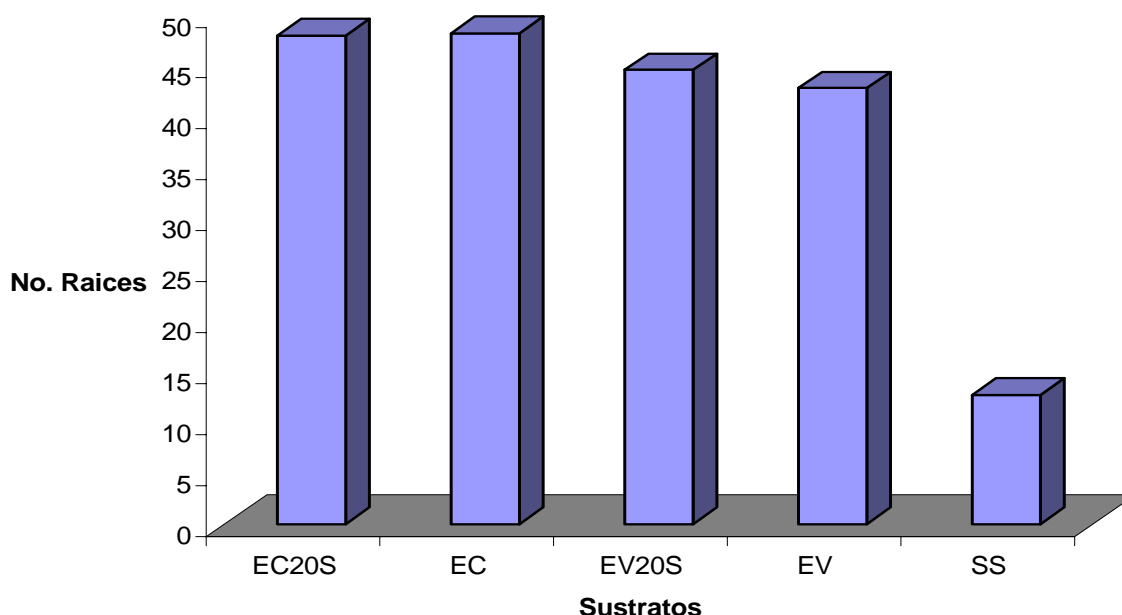


Figura 17 Potencial de desarrollo radical en los diferentes sustratos de la investigación

Cobas (2001), plantea criterios similares en cuanto a la superioridad de las plantas con un mayor potencial, al igual que Villar *et al.*, (1997) y Simpson *et al.*, (1994).

Tabla 19 Comportamiento del potencial de desarrollo radical de las plantas a las 14 semanas de cultivo

Sustratos	n	1	2
SS	45	12,7778 b	
EV	45		42,8222 a
EV20S	45		44,6667 a
Ec20S	45		48,0222 a
EC	45		48,2667a

En una misma columna valores seguidos de diferentes letras difieren significativamente para $p < 0.05$ (n = 45 plantas por tratamiento)

4.6. Destubetado, estabilidad del sustrato y arquitectura radical

4.6.1. Destubetado

Durante la prueba del destubetado a las 20 plantas, los sustratos de estiércol de vaca al 100 y 80 % (SV y SV20S), así como al emplear estiércol de caballo al 100 %, presentan un mayor nivel fácil de destubetado (Tabla 20), no existiendo diferencias significativas entre ellos (Tabla 21), lo cual está condicionado por las características química del sustrato (Tabla 8), las cuales posibilitan una buena colonización del sistema radical y una buena estabilidad estructural del sustrato, facilitando que la resistencia al destubetado sea menor. El sustrato de serpentina presentó los niveles más bajos de calidad (Tabla 8).

Tabla 20 Resultados de los niveles de destubetado en los diferentes sustratos

Sustratos	Niveles de destubetado		
	Fácil	Medio	Difícil
EC20S	15	2	3
EC	18	1	1
EV20S	19	1	0
EV	19	1	0
SS	12	6	2

El destubetado es una variable que guarda estrecha relación con la arquitectura radical y las propiedades físicas y químicas de los sustratos. En las plantas que presen-

taron una mayor colonización de las raíces sobre el sustrato la resistencia al destubetado es menor coincidiendo con los criterios de Castillo (2001) y Fajardo (2005).

Tabla 21 Comportamiento del destubetado a las 24 semanas de cultivo.

Sustratos	n	1	2	3
SS	40	12,0 c		
Ec20S	40		14,5 b	
EC	40			18,0 a
EV20S	40			18,5 a
EV	40			19,0 a

En una misma columna valores seguidos de diferentes letras difieren significativamente para $p < 0.05$ ($n = 40$ plantas por tratamiento)

4.6.2. Estabilidad del sustrato

Los mejores resultados en los niveles de estabilidad se encuentran al utilizar estiércol de vaca al 100 y 80 % (Tabla 22), estos sustratos son los que oponen mayor resistencia a toda acción que tienda a modificar sus formas y dimensiones o a destruirlos, a la influencia del agua y a la manipulación mecánica (Cairo y Fundora, 1994). No existen diferencias significativas entre ellos y el sustrato de estiércol de caballo al 100 % (Tabla 23).

Tabla 22 Resultados de los niveles de estabilidad para los diferentes sustratos

Sustratos	Niveles de estabilidad		
	alto	intermedio	bajo
EC20S	15	5	0
EC	19	1	0
EV20S	19	1	0
EV	20	0	0
SS	11	4	5

Los valores más bajos se obtienen al utilizar suelo de serpentina, ya que al no estar mezclado con otros componentes orgánicos presenta menores contenidos de MO, elemento muy importante para mejorar las propiedades físicas de los sustratos (MINAGRI, 1982).

Tabla 23 Comportamiento de la estabilidad a las 24 semanas de cultivo

Sustratos	n	1	2	3
SS	40	11,0000 c		
Ec20S	40		15,0000 b	
EC	40			18,5000 a
EV20S	40			18,5000 a
EV	40			19,5000 a

En una misma columna valores seguidos de diferentes letras difieren significativamente para $p < 0.05$ ($n = 40$ plantas por tratamiento)

4.6.3. Arquitectura radical

En la Tabla 24 se observa que los mejores valores se obtienen en el caso de usar estiércol de vaca, seguido del estiércol de caballo, así como los peores resultados se obtienen al usar como sustrato suelo serpentínico, lo que está favorecido por las concentraciones de P y Mg en estos sustratos (Tabla 8) coincidiendo con lo planteado por Landis (1985), y Timmer y Armstrong (1987), citados por Medina (2004).

Tabla 24 Comportamiento de la arquitectura radical

Sustratos	Niveles		
	Óptima	Aceptable	Mala
EC20S	17	2	1
EC	18	2	0
EV20S	18	2	0
EV	19	0	1
SS	11	4	5

Al hacer el análisis estadístico (Tabla 25), podemos observar que entre los sustratos EV, EV20S y EC no existen diferencias significativas a diferencia de Fajardo (2005) que no obtuvo diferencias entre sus sustratos y coincidiendo con Medina (2004) donde los sustratos con mayor composición de P y Mg tienen los mejores comportamientos en los niveles de arquitectura radical.

Tabla 25 Análisis estadístico del comportamiento de la arquitectura radical a las 24 semanas

Sustratos	n	1	2	3
SS	60	11,0000 c		
EC20S	60		16,6667 b	
EC	60			18,0000 a
EV20S	60			18,0000 a
EV	60			18,6667 a

En una misma columna valores seguidos de diferentes letras difieren significativamente para $p < 0.05$ (n = 60 plantas por tratamiento)

4.7. Evaluaciones de efectividad de la técnica para la restauración

4.7.1. Supervivencia en campo

Luego de hecho los conteos de supervivencia (Tabla 26), puede observarse que las posturas de sustratos con estiércol de vaca al 100 % son las que mejor respuestas han tenido en el campo y enfrentarse con los factores climáticos adversos. Existen diferencias significativas entre los demás tratamientos (Tabla 27 y 28), esto corrobora los resultados obtenidos en los parámetros, atributos e índices estudiados (con excepción de la esbeltez), por lo que podemos afirmar que ellos pueden ser considerados como previsores de la calidad de la planta, coincidiendo con lo planteado por Cobas (2001), Gil y Pardos (1997), Medina (2004), Fajardo (2005), Bonilla (2001), Leyva (2005) y Castillo (2001).

Tabla 26 Resultados de la evaluación de la supervivencia en campo

Sustratos	Porcentaje de supervivencia	
	4 meses de plantadas	8 meses de plantadas
EC20S	73	70
EC	76	73
EV20S	77	77
EV	86	80
SS	57	50

Tabla 27 Comportamiento de la supervivencia a los 4 meses de la plantación

Sustratos	n	1	2	3
SS	45	57 c		
Ec20S	45		73 b	
EC	45		76 b	
EV20S	45		76 b	
EV	45			86 a

En una misma columna valores seguidos de diferentes letras difieren significativamente para $p < 0.05$ (n = 45 plantas por tratamiento)

Tabla 28 Comportamiento de la supervivencia a los 8 meses de la plantación

Sustratos	n	1	2	3	4	5
SS	45	50 e				
EC20S	45		70 d			
EC	45			73 c		
EV20S	45				76 b	
EV	45					80 a

En una misma columna valores seguidos de diferentes letras difieren significativamente para $p < 0.05$ (n = 45 plantas por tratamiento)

Los valores de supervivencia se pueden considerar elevados ya que cuando se efectuó la última evaluación se desarrolló un período largo de escasas precipitaciones en el área de plantación, lo que se manifiesta en el decremento de estos valores de supervivencia en el segundo conteo (Tabla 28).

4.7.2. Esbeltez en plantación

En la Figura 18 se puede observar el comportamiento de la esbeltez en el tiempo a partir de las 14 y 24 semanas de germinadas las semillas de la especie en estudio y posteriormente las posturas a los 4 y 8 meses de haber sido plantadas. De la misma puede deducirse de forma evidente que la esbeltez mejora sus resulta

dos con el tiempo para las plantas producidas en sustratos de estiércol de vaca y de caballo. Mientras que las plantas producidas en suelo de serpentina se comportan a la inversa, hasta que incluso se ve superada por las de estiércol de vaca.

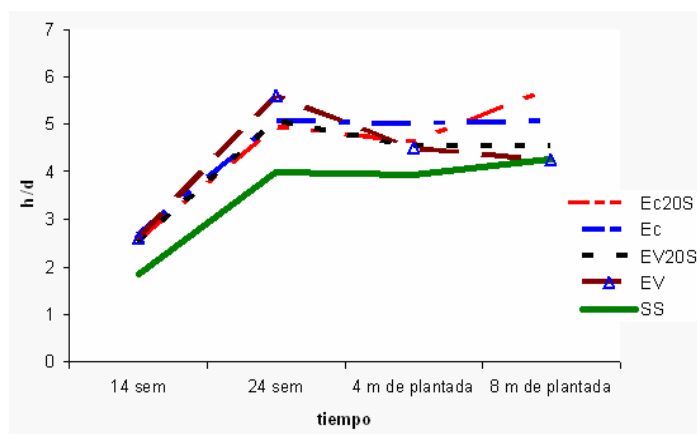


Figura 18 Comportamiento de la esbeltez en el tiempo para los diferentes sustratos

El criterio anterior se confirma cuando se realiza la prueba de Duncan (Tabla 29), a los 8 meses de plantada y se aprecia la superioridad de las posturas obtenidas en sustrato con estiércol de vaca, cuando se obtienen diferencias significativas con los demás sustratos.

Tabla 29 Comportamiento de la esbeltez a los 8 meses de plantada

Sustratos	n	1	2	3	4	5
EV	60	4,25 a				
SS	60		4,28 b			
EV20S	60			4,55 c		
EC	60				5,07 d	
EC20S	60					5,76 e

En una misma columna valores seguidos de diferentes letras difieren significativamente para $p < 0.05$ ($n = 60$ plantas por tratamiento)

4.7.3. Envase

4.7.3.1. Evaluación de los tipos de envases

Al analizar la (Tabla 30), se puede observar que el envase donde se obtienen los valores mayores de las variables medidas, es la bolsa seguida del tubete negro.

A pesar de obtenerse en la bolsa la mayor parte de los valores más altos, se considera que el tubete negro es superior ya que representa solo el 12,5 % de la capacidad de la bolsa, sin embargo al analizar la diferencia en cuanto a los valores de las variables medidas en ambos envases el tubete negro siempre alcanza hasta el 80 % de

los obtenidos en la bolsa. Además las plantas de este tubete tienen una respuesta mayor en cuanto a la supervivencia a los 8 meses de plantadas. En el caso de la esbeltez no presenta diferencias significativas entre ellos, lo que puede corroborar aún más la superioridad de este tubete (Figura 19).

Tabla 30 Resultados de los todas las variables medidas con relación al tipo de envase.

Variables	Envases		
	Tubete negro	Tubete verde	Bolsa
h (cm)	11,18 b	9,24 c	13,97 a
DCR. (mm)	5,17 b	3,44 c	6,17 a
LD (cm)	10,90 c	12,06 b	30,20 a
PST (g)	0,38 b	0,31 c	0,50 a
PA/PR (g)	1,15 a	1,15 a	1,27 b
h/d (cm/mm)	2,19 a	2,83 b	2,29 a
QI (gcm/mm)	0,13 b	0,09 c	0,15 a
BAP (cm)	2,89 a	3,19 b	2,88 a
PDR (uno)	43,6 b	26,5 c	47,7 a
DS (uno)	19,0 a	13,8 b	n/p
ET (uno)	18,8 a	14,2 b	n/p
AR (uno)	18,6 a	17,4 b	13,4 c
SV (%)	76 a	64 c	70 b
h/d * (cm/mm)	4,8 a	4,8 a	4,8 a

Representada con (h) altura, (DCR) diámetro del cuello de la raíz, (LR) longitud de la raíz, (PST) peso seco total, (PA/PR) relación parte aérea parte radical, (h/d) esbeltez, (QI) índice de calidad de Dickson, (BAP) balance hídrico de la planta, (PDR) potencial de desarrollo radical, (DS) destubetado, (ET) estabilidad del sustrato, (AR) arquitectura radical, (SV) supervivencia, (h/d *) esbeltez a los 8 meses de plantación y (n/p) para identificar los valores que no son medidos por no proceder el análisis. En una misma fila valores seguidos de diferentes letras difieren significativamente para $p < 0.05$

En el caso del tubete verde presenta valores muy inferiores a los demás envases, lo que está muy relacionado con la calidad de este, ya que son envases maltratados por el intemperismo y han perdido sus propiedades antiespiralizante al presentar porosidad en las paredes interiores de ellos, lo que perjudica el buen desarrollo del sistema radical, además presenta el menor diámetro en la parte superior del envase (Figura 20), la que provoca un ligero apiñamiento de las posturas y por ende se ob-

servan ligeros efectos de ahilamiento en las plantas, lo que está demostrado fundamentalmente por ser las de menor diámetro de cuello y esbeltez (Domínguez, 1997; Castillo, 2001; Cobas, 2001; Bonilla, 2001; Medina, 2004; Leyva, 2005 y Fajardo, 2005).

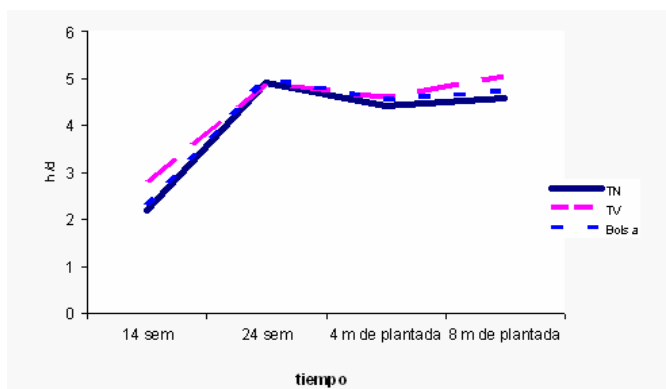


Figura 19 Comportamiento de la esbeltez en el tiempo en los diferentes envases

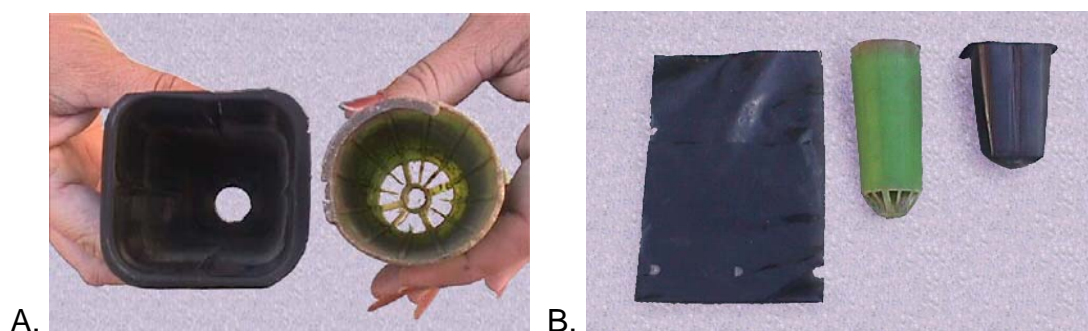


Figura 20 A. Vista en planta de los tubetes negro y verde, véase el grado de deterioro en que se encuentran los tubetes verdes. B. vista lateral de los tres envases usados en la investigación, de izquierda a derecha, bolsa tradicional de cultivo en vivero, tubete verde y tubete negro.

Es importante señalar que al comparar los diámetros de cuello obtenidos en el tubete verde con los obtenidos por Cobas (2001), a las 18 semanas en tubetes similares pero para la especie *Hibiscus elatus* son superiores, lo que puede estar relacionado con la forma del follaje ya que la majagua es una especie macrófila y la caoba no, aspecto que puede influir en un mayor ahilamiento de la planta. Resultados similares obtuvo Fajardo (2005), para la (*Swietenia macrophylla*).

4.7.4. Valoración económica de la producción de plantas con la tecnología de tubetes

Para el análisis se hace la valoración de la tecnología de tubetes en la producción de posturas y plantación para la Empresa Flora y Fauna (EFF) y se compara con la tecnología tradicional de producción de posturas bolsa y plantación, de la Empresa Forestal Integral (EFI) de Villa Clara; así como con la propia Empresa Flora y Fauna (Tablas I-VI en Anexo).

En este análisis se puede constatar que para la producción de 100 000 posturas en bolsa es necesario mover un promedio de 100 m³ de sustrato, sin embargo para llenar esa misma cantidad de envases usando los tubetes, solo sería necesario mover 14 m³ de sustrato, lo que se interpretaría en una reducción de la agresividad al suelo, ya que si fuera necesario usarlo para el llenado de los envases, de 0,5 ha que se necesita afectar para llenar las 100 000 bolsas solo se afectarían 0,13 ha de al utilizarse los tubetes (Tablas I-III en Anexo). Todo lo cual es un beneficio para la conservación de los suelos máxime cuando se trata de restaurar ecosistemas. Por otro lado el uso de sustratos orgánicos reduce el peligro de introducir especies invasoras o exóticas en las áreas de restauración.

Además se disminuyen todas las acciones del vivero relacionadas con esta actividad, lo que trae consigo una reducción de fuerza de trabajo que repercute en el decrecimiento de los gastos por concepto de salario, en la EFI Villa Clara de 3461,54 pesos y para EFF Villa Clara de 6421,68 pesos por 100 000 posturas ya que el total de salario hacia la producción de estas, en tubetes es solo de 2878,70 pesos y en bolsas es mucho mayor. (Tablas I-III en Anexo). Autores como Ávila (1993) y Cobas (2001) también obtienen valores inferiores en la producción de posturas en tubetes comparados con la bolsa.

Es importante destacar que al aplicar esta tecnología se reducen todas las actividades relacionadas con la manipulación del envase, además se humaniza el trabajo del vivero, ya que operaciones como el escarde puede hacerse en un lugar sombreado y en posición vertical, además se elimina la actividad de remoción y reacomodo de bol

sa, la que lleva consigo tanto esfuerzo humano, además se hace más sencillo el cargue y distribución de posturas en el campo.

También los ahorros que proporciona esta tecnología con respecto a la tradicional en materiales, equipos, recursos humanos y salarios reducen por ende el costos de producción, el cual es para la producción de posturas en tubetes de 6784,78 pesos por cada 100 000 posturas, lo que representa un ahorro para la EFF de 12996,03 pesos y para la EFI de Villa Clara de 9323,89 pesos y de 386,10 pesos por ha de plantación para la EFI así como de 961,43 peso para la EFF, ya que el costo de producción en plantación por ha de esta tecnología es de 1259,44 pesos por ha (Tablas I-VI en Anexo).

Si se hace el análisis de la supervivencia (Tabla 30), con el 76% en el caso del Tubete negro, con el cual el Servicio Estatal Forestal certifica el 100% de los costos incurridos en el proceso de producción. Entonces se obtienen ingresos por concepto de certificación a los tres años de 1259,44 pesos por ha, con una ganancia que superarían la cifra de 314,00 pesos por ha, ya que esta tecnología garantiza posturas de alta calidad y por tanto bonificaciones por encima del 25 % teniendo en cuenta los criterios de la Ley Forestal. La ganancia obtenida se revierte en beneficio de la restauración ecológica (Tablas VI-V en Anexo).

.

CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

Después de evaluar todos los resultados obtenidos en la investigación, se pueden arribar a las conclusiones siguientes:

1. Los sustratos compuestos por estiércol de vaca y estiércol de caballo demostraron mejorar la calidad de las plantas producidas en contenedores para ***Swietenia mahagoni***.
2. Los cuatro sustratos a base de estiércol de vaca y estiércol de caballo superaron los valores medios registrados para la germinación por la especie, en la literatura consultada.
3. La ecuación que mayor ajuste presentó para la altura en ***Swietenia mahagoni*** es la de crecimiento $h = e^{(0,015935 + (0,001041t))}$.
4. Al observar el comportamiento de la supervivencia en el campo a los 8 meses de la plantación, todas las demás variables medidas en la investigación pueden considerarse como predictoras de la calidad de la postura en la etapa de vivero.
5. La evaluación del comportamiento de la esbeltez en el tiempo contribuye a confirmar el carácter predictor de los atributos de la calidad de la postura.
6. Con el empleo de la tecnología de producción de plantas en contenedores en el cultivo de ***Swietenia mahagoni***, para la restauración, aumenta la productividad y disminuye los costos de producción en vivero y plantación, logrando ganancias de 314,00 pesos por ha.

RECOMENDACIONES

6. RECOMENDACIONES

Al tener en cuenta los resultados de la investigación realizada y las proyecciones para darle continuidad a este trabajo se recomienda

1. Tener en cuenta el riego como una variable a estudiar, en la que se incluya el endurecimiento por regulación del agua.
2. Ampliar la combinación de sustratos con otros compuestos orgánicos, incluso la combinación de estiércol de vaca y de caballo.
3. Evaluar la mayor cantidad posible de atributos e índices morfológicos en el campo para confirmar con mayor certeza su carácter predictor.
4. Hacer el estudio de los atributos e índices morfológicos hasta el establecimiento de la plantación.
5. Hacer extensivos los resultados de la investigación a la producción de plantas de la especie para todas las instituciones vinculadas con la reforestación.
6. Realizar un estudio más profundo y en el tiempo, con el objetivo de buscar la compensación entre la calidad de planta desde el punto de vista biológico, técnico y económico.

BIBLIOGRAFÍA

7. Bibliografía

- Álvarez, P y Varona, J. 1988. Silvicultura. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. 354 pp.
- Álvarez, Y. 1994. Algunas consideraciones sobre la frecuencia de riego del *Hibiscus elatus* Sw. en fase de vivero. Trabajo de Diploma, Universidad de Pinar del Río. Cuba. 30 p.
- Andino, V. 2000. Efecto de diferentes sustratos en semilleros de bandejas para la producción de plántulas de tabaco. Memorias. II Evento Internacional del Tabaco. Pinar del Río. Cuba. 15 p.
- Ansorena, M. J. 1994. Sustratos, propiedades y caracterización. Ediciones Mundi-Prensa. España. 172 p.
- Ansorena, J. 1995. Reconocer el sustrato. Método de campo para el análisis rápido de sustratos. Revista Horticultura (103).
- Ávila, G. P. 1993. Estudio para la introducción de una tecnología de producción de plantas en envases plásticos. Trabajo de Diploma, Universidad de Pinar del Río. Cuba. 38 p.
- Ballate, D; Matos, J; Rosada, O. 2004. Uso de la *Swietenia mahagoni* para la rehabilitación de ecosistemas degradados de la Reserva Ecológica Monte Ramonal. Simposio Internacional de Restauración Ecológica. CD ROM. ISBN 959-250-156-4.
- Barrera, J .I.; Prado, L. F.; Miranda, B. 2004. Escuela de Restauración Ecológica: Una propuesta para abordar la enseñanza de la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. Simposio Internacional de Restauración Ecológica. CD ROM. ISBN 959-250-156-4.
- Barnett, J. P. 1984. Relating seedling physiology to survival and growth in container-grown southern pines. En: Duryea, M. L. Brown, G. N. (Eds): Seedling physiology and reforestation success. Nijhoff/Junk Pub. 157-178 p.
- Benítez, J. Y. 1998. Estudio de la calidad de postura de las especies *Hibiscus elatus* Sw. Trabajo de Diploma. Universidad de Pinar del Río. Cuba. 60 p.
- Berovides, V. A. 1985. Ecología ciencia para todos. Ed: Científico Técnica. La Habana. Cuba. 13-32 p.

- Betancourt, A. 1987. Silvicultura especial de árboles maderables tropicales. Ed Científico-Técnica. La Habana. Cuba. 325 p.
- Birchler, T.; Rose, R.; Royo, A.; Pardo, M. 1998. La planta ideal: Revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. Revista de la Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales. Vol 7 (1,2) Madrid. España. p 109-118.
- Bonilla, M. 2001. Evaluación de ***Pinus tropicalis*** Morelet en la fase de vivero con tubetes. Pinar del Río. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales). Universidad de Pinar del Río. 100 p.
- Burdett, A. N. 1987. Understanding root growth capacity: theoretical considerations in assessing planting stock quality by means of root growth test. Canadian Journal of Forest Research. (20) 415-427.
- Burdett, A. N. 1990. Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock. Canadian Journal of Forestry Research. (20) 415-427.
- Cairo, P.; y Fundora, O. 1994. Edafología. Editorial Pueblo y educación. Playa. Ciudad de la Habana. 476 p.
- Cañizares, J. 1982. Elementos de reproducción y multiplicación de plantas superiores. Editorial de Ciencia y Técnica. Instituto Cubano del Libro. La Habana. 249 p.
- Carneiro, J. G. 1981. Influencia do sitio sobre o desenvolvimento dos parâmetros morfológicos indicadores da qualidade das mudas. I Seminário de Sementes e Viveiros Florestais. Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. Universidade Federal de Paraná. Brasil. p 41-58.
- Carneiro, J. M. 1995. Produção e controle da qualidade de mudas florestais. Curitiba. UFPR, Campus; VEPR. Brasil. 451 p.
- Castillo, M. I. 2001. Efecto del sustrato en el cultivo de la especie ***Eucalyptus grandis*** en vivero utilizando tubetes plásticos en la EFI Guanahacabibes. Pinar del Río. Tesis (en opción al título de Master en Ciencias Forestales) Universidad de Pinar del Río. 84 p.

- Catalán, B. G. 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Barcelona. 350 p.
- Cobas, L. M. 2001. Caracterización de los atributos de calidad de la planta de ***Hibiscus elatus*** Sw cultivada en tubetes. Pinar del Río. Tesis (en opción al grado científico del Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río. 100 p.
- Cobas, M.; Sotolongo, R.; García, I.; Estévez, I. y González, E. 2003. Comportamiento del crecimiento en altura de ***Hibiscus elatus*** Sw cultivada en contenedores. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. Vol. IX, No. 2, 131-135 p.
- Domínguez, S. 1997. Importancia del envase en la producción de plantas forestales. Revista ***Quercus*** 134, Sección "Jardinería con plantas autóctonas", Madrid. España.
- Domínguez, S. y Peñuelas, J. L. 1997. Producción de plantas forestales en contenedor. España. 23 p.
- Duryea, M. L. 1985. Evaluating seedling quality: principles, procedures and descriptive abilities of major test. Forest Research Laboratory. Oregon State University. Corvallis. 143 p.
- Fajardo, M. 2005. Efecto del sustrato en la calidad de la planta de ***Swietenia macrophylla*** King. producida en vivero sobre tubetes. Trabajo de Diploma. Facultad Forestal y Agronomía. Universidad de Pinar del Río. 52 p.
- Fors, A. J. 1967. Manual de selvicultura. IV Edición. Instituto del libro. Ciudad Habana. Cuba. 249 p.
- Francis, J. K. 1991. ***Swietenia mahagoni*** Jacq. West Indies mahogany. SO-ITF-SM-46. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 7 p.
- Fuentes, M. y Oropeza, J. 1996. Evaluación preliminar del comportamiento de algunos materiales orgánicos como sustratos para la siembra de ***Eucalyptus urophylla***. Segundo Taller Internacional Biomasa Vegetal. Bioforest, Pinar del Río. Cuba. 23 p.

- Fundora, O; Alonso, N. y Machado, J. 1992. Agroquímica. Editorial Pueblo y Educación. 325 p.
- García, R.; y Monroy, A. 2004. Restauración de la Cubierta vegetal de los matorrales semiáridos del Valle del Mezquital. Simposio Internacional de Restauración Ecológica. CD ROM. ISBN 959-250-156-4.
- Gil, L. y Pardos, J. A. 1997. Aspectos funcionales del arraigo. La calidad fisiológica de la planta. Cuadernos de la S.E.C.F. No 4. Madrid. España. 24-33 p.
- Gojenola, A. y Ansorena, J. 1994. Calidad de los sustratos comerciales. Revista Horticultura (98), 13-20 p.
- Gómez, L.; Viqueira, L.; Rodríguez, C. 1981. Relación entre la tolerancia a la sequía y a las altas temperaturas en la caña de azúcar. Revista Ciencias de la Agricultura. 10. Academia de Ciencias de Cuba. 17-21 p.
- Gómez, J. F. 2002. Sustratos para viveros (en línea). Disponible en: <http://ns1.oirsa.org.sv/Publicaciones/VIFINEX/Manuales-2002/Costa-Rica/Sustratos-para-Viveros-06.htm>.
- Grossnickle, S. C.; Arnott, J.; Major, H. E.; Tschaplinski, T. 1991. Influence of dormancy induction treatments on Western hemlock seedling development and stock quality assessment. Canadian Journal of Forestry Research. 21: 164-121.
- Gutiérrez, P. J. 2004. El paradigma de la ecología integral en la restauración y rehabilitación de ecosistemas. Simposio Internacional de Restauración Ecológica. CD ROM. ISBN 959-250-156-4.
- Guzmán, T.; Sulroca, F.; Boulart, L. y Martínez, S. 1986. Agrotecnia de la caña de azúcar. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Tomo II 449-759 p.
- Jiménez, F. I. 1994. Viveros forestales para la producción de plantas a pie de repoblación. Ministerio de Pesca y Alimentación. Madrid. España. 35 p.
- Joseau, J.; Ingaramo, P.; Dorado, M.; Alvarez, J. L.; Casanoves, F. 1998. Producción de plantines de calidad de *Pinus ellioti* (Engelm) para la región forestal del Valle de Calamuchita. I Congreso Latinoamericano. IUFRO. Valdivia. Chile.

- Landis, T. D.; Tinus, R. W.; McDonald, S. E.; Barnett, J. P. 1994. Seedling nutrition and irrigation. Volume Four: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 119 p.
- Leyva, F. 2005. Producción de plantas de *Eucalyptus grandis* Hell ex Maiden con diferentes niveles de endurecimiento en contenedores. Trabajo de Diploma. Facultad Forestal y Agronomía. Universidad de Pinar del Río. 60 p.
- Linch, J. 1995. Root architecture and plant productivity. Plant Physiol. (109):7-13 p.
- Little, E. L.; Wadsworth, F. H.; y Marrero, J. 1967. Árboles comunes de Puerto Rico y las islas Vírgenes. Ed. UPR, Puerto Rico. 828 p.
- Lozada, A.; y Pinzón, J. 2004. Diseño metodológico de restauración de la reserva Forestal Cárpatos Guasca- Cundinamarca. Simposio Internacional de Restauración Ecológica. CD ROM. ISBN 959-250-156-4.
- Manzano, M. G.; Guadarrama, E.; Lozano, D. F. 2004. Estrategias para la restauración ecológica integral del matorral espinoso Tamaulipeco en el noreste de México. Simposio Internacional de Restauración Ecológica. CD ROM. ISBN 959-250-156-4.
- Matos, J.; y Ballate, D. 2004. Restauración Ecológica, visión teórica de su aplicación en Cuba. Simposio Internacional de Restauración Ecológica. CD ROM. ISBN 959-250-156-4.
- Matos, J.; Mederos, O.; Sánchez, D.; Ballate, D.; Torres, A.; Montalvo, G.; Morffi, H. 2004. Restauración de cuabales en el núcleo serpentinitico de Santa Clara, aciertos y desaciertos de sus resultados. Simposio Internacional de Restauración Ecológica. CD ROM. ISBN 959-250-156-4.
- Mattson, A. 1997. Predicting field performance using seedling quality assessment. Kluwer Academic Publishers. New Forests 13: 227-252.
- Medina, R. 2004. Producción de plantas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden en contenedores utilizando diferentes sustratos y regímenes de riego en dos localidades de la provincia de Pinar del Río. Tesis (en opción al título de Master en Ciencias Forestales). Universidad de Pinar del Río. 104 p.

- Menéndez, L.; Guzmán, J. M.; Capote, R. T. 2004. Bases ecológicas para la restauración de manglar en el archipiélago cubano. Simposio Internacional de Restauración Ecológica. CD ROM. ISBN 959-250-156-4.
- MINAGRI 1982. Manual de interpretación de suelos. Ciudad de la Habana. Cuba.
- Moreno, J. M. 2002. La materia orgánica y la capacidad de retención de humedad en sustratos. Agricultura orgánica, No 8: 23-25 p.
- Montoya, J. M. y Camara, M. A. 1996. La planta y el vivero forestal. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 190 p.
- Navarro, R. M.; del Campo, A. D.; Monje, R. A.; Álvarez, L. 1997. Programa de control de calidad de planta de encina (*Quercus ilex* L), Alcornoque (*Quercus suber* L), Algarrobo (*Ceratonia siliqua* L) y Acebuchá (*Olea europea* L. var. *silvestris*) en cinco viveros en Andalucía. ETS/AM. Universidad de Córdoba. 34 p.
- Ocaña, I. 1991. La producción de plantas en envases. En Jornada: Situación actual y técnicas modernas para la producción de plantas forestales. Aplicaciones a la restauración del medio ambiente. Madrid. España. 257 p
- Oliet, J. A. 1995. Influencia de la fertilización en vivero sobre la calidad de la planta y la supervivencia en campo de varias especies forestales. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería Rural. ETSIAM. Universidad de Córdoba. España. 295 p.
- Oliet, J. A. 1997. La calidad de la postura forestal en vivero. Editorial Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes de Córdoba. España. 93 p.
- Oliet, J. A. 2000. La calidad de la planta forestal en vivero. Edita ETSIAM. Córdoba. España. 93 p.
- Oliet, J. A.; Segura, M. L.; Martín, F.; Blanco, E.; Serrada, R.; López, M.; Artero, F. 1999. Los fertilizantes de liberación controlada lenta aplicados a la producción de planta forestal de vivero. Efecto de la dosis y formulaciones sobre la calidad de *Pinus halapensis* Mill. Revista Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales. 8 (1) 207-228.
- Pacheco, J.; Alonso, N.; Pujo, P.; Camejo, E. 1995. Riego y drenaje. Universidad Central. Santa Clara. Cuba. 37 p.

- Packman, J.R; Harding, D.L; y Stuttard, R. 1992. Functional ecology of woodless and forest. Chaonan and Hall, University Press, Cambridge, UIC. 408 p.
- Parvainen, R. D. 1981. Calidad y evaluación de la calidad de las posturas forestales. I Seminario de Sementes e Viveiros Florestais. Universidade Federal de Panamá. Brasil. 59-90 p.
- Peña, D. 1999. Efecto de diferentes técnicas de cultivo de *Prosopis pallida* (Wild) H. B. K. en la calidad de la planta y su respuesta postransplante. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba. España.
- Peña, D.; Villar, P.; Navarro, R. 1998. Efecto del riego de endurecimiento en algunas propiedades hídricas de *Prosopis pallida*. I Congreso Latinoamericano. IUFRO. Valdivia. Chile.
- Peñuelas, J. L y Ocaña, L. 1996. Cultivo de plantas forestales en contenedor. Edición Mundi-Prensa, Madrid. España, 126 p.
- Pérez, L. M. y Vargas, C. N. 1995. Estudio sobre la utilización de diferentes sustratos orgánicos en viveros para vitroplantas de plátano. Trabajo de Diploma. Universidad de Pinar del Río. 41 p.
- Pizarro, F. 1996. Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF). Goteo, micro aspersión, exudación. Tercera Edición. Ediciones Mundi-Prensa. España.
- Pollack, B. M.; y Kearns, V. 1962. Post-maduración. Período de reposo y latencia. Semillas. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. 201-212 p.
- Portuondo, B. M. 1995. Uso de la eficiencia del agua. Su implicación en el desarrollo vegetal. Boletín Se Puede. La Habana. Cuba. 12 p.
- Quintero, J. y Valdez, S. 2005. Uso de estiércol de caballo y vaca, en la fertilización de la jardinería del Zoológico de Santa Clara. Forum Municipal de Ciencia y Técnica. 5 p.
- Ritchie, G. A. y Tanaka, Y. 1990. Root growth potential and the target seedling. General technical report. USDA Forest Service. USA. 8 p.
- Roig, J. T. 1965. Diccionario botánico de nombres vulgares cubanos. Ed: Consejo Nacional de Universidades. La Habana, Cuba. Vol. 2 (1-140).

Royo, A.; Fernández, M.; González, E.; Puelles, A.; Ramos, R.; Pardos, J. A. 1997.

La calidad de la planta de vivero de ***Pinus halapensis*** Mill. Destinada a la repoblación forestal. Revista Montes. 50. 28-38 p.

Samek, V. 1969. El cultivo de posturas de raíz desnuda en los viveros. Academia de Ciencias de Cuba. Serie Forestal 6. 23 p.

Serrada, R. 1995. Apuntes de repoblaciones forestales. Editorial Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid. España. 379 p.

Simpson, D. G.; Thompson, C. F. and Sutherland, C. G. 1994. Field performance potential of interior spruce seedlings effects of streats treatments and prediction by root growth potential and needle conductance. Canadian Journal of Forest Research (24) 571-576 p.

Soto, F. 1986. Crecimiento de posturas de cafeto en viveros móviles bajo sombra controlada. Ajuste a diferentes funciones matemáticas. Revista Cultivos Tropicales, 8(4): 83-93.

Sutton, R. 1990. Root growth capacity in coniferous forest trees. Hortscience 25. 259-266 p.

Thompson, B. 1985. Seedling morphological evaluation. What can you tell by looking? In: Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of major test. M. L. Duryea eds. Forest Research Laboratory. Oregon State University. 59-69 p.

Van der Driessche, R. 1984. Soil fertility in forest nurseries. Forest Nursery Manual. USDA Forest Service. 63 -74 p.

Valdés, G. y García, R. 2002. Indicadores de empleo en las actividades ganaderas. Asociación cubana de Producción Animal, Ciudad de la Habana. 24 p.

Vázquez, E. y Torres, S. 1995. Fisiología Vegetal. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana. 451 p.

Villagómez, A. 1987. Germinación de semillas de ***Pinus montezumae*** Lamb. en diferentes temperaturas. Sustratos y tratamientos de asepsia. Revista Ciencia Forestal. Vol. 2 (16). Editorial INIFAP. México. 160-180 p.

Villar, P.; Ocaña, L.; Peñuelas, J.; Carrasco, I.; Domínguez, S.; Renilla, I. 1997. Relaciones hídricas y potencial de formación de raíces en plántulas de ***Pinus***

- halapensis*** Mill sometidas a diferentes niveles de endurecimiento por estrés hídrico. SECF. Madrid. España. 81-92 p.
- Villar, P.; Peñuelas, J.; Carrasco, I. 2000. Influencia del endurecimiento por estrés hídrico y la fertilización en algunos parámetros funcionales relacionados con la calidad de la planta de *Pinus pinea*. Simposio de Pino Piñonero (***Pinus pinea***). Valladolid. España.
- Winckler, M. V.; Valdir, M.; Rodríguez, L.; Hamilton, L. e Da Silva, L. 2000. Crescimento de mudas de ***Eucalyptus saligna*** Smith em função de doses de vermicomposto. Fundação de Pesquisas Florestais de Paraná. Vol. 28 (1,2): 7-10.
- Yero, L.; Molina, G.; González, A.; Sánchez, J. 1987. Influencia de la edad y el tamaño de las posturas en el establecimiento de plantaciones de ***Pinus maestrensis*** en la Sierra Maestra Central. Revista Forestal Baracoa Vol 17 (1).
- Zazo, J. 1999. Manejo de sustratos. Aplicación a la influencia de las formulaciones binarias en el crecimiento y desarrollo de brinzales de especies mediterráneas. Madrid, España 20 p.

ANEXOS

Tabla I FICHA DE COSTO PARA LA PRODUCCION DE 100 000 POSTURAS EN BOLSAS DE 1120 CM³ EFI VILLA CLARA

Labor	U/M	Volumen	Norma	Tasa	Total salario	0.09 Seg.	Total	Gastos Mat.	Gastos Comb	Salario Ind.	Otros Gastos	TOTAL
Costo de la semilla											200.29	200.29
Certificacion de semillas											500.72	500.72
Certificacion de suelo											115.10	115.10
Prep.de tierra con buyes(viveros)	Cord. ²	12	4	2.04	24.51	2.23	3.21	29.95		2.99		32.94
Pase de gradas con buyes (vivero)	Cord. ²	24	20	0.41	9.80	0.89	1.28	11.98		1.20		13.17
Cruse de tierras con buyes (vivero)	Cord. ²	12	4	2.04	24.51	2.23	3.21	29.95		2.99		32.94
Pase de gradas con buyes (vivero)	Cord. ²	24	20	0.41	9.80	0.89	1.28	11.98		1.20		13.17
Cruse de tierras con buyes (vivero)	Cord. ²	12	4	2.04	24.51	2.23	3.21	29.95		2.99		32.94
Apile de tierra	m³	120	5.2	0.95	114.46	10.40	14.57	139.43		13.94		153.37
Pique y tamizado de tierra	m³	100	2.95	1.68	168.14	15.28	25.67	209.09		20.91		230.00
Corte de valizas	Uno.	263	116	0.05	12.15	1.10	1.85	15.11	7	8	1.51	31.62
Corte y Vicelado de estacas	Uno.	1050	350	0.01	14.88	1.35	23.37	39.60	2.422	3.96		45.98
Construccion de canteros	Uno.	50	7	0.71	35.43	3.22	2.7	41.35		4.13		45.48
Cargue de tierra manual	m³	100	7	0.71	70.85	6.44	10.82	88.11	11.69	8.81		108.61
Distribucion de tierra	m³	100	6	0.89	89.33	8.12	13.64	111.09		11.11		122.20
Apile de materia orgánica	m³	7	10	0.50	3.47	0.32	0.53	4.32	5.84	0.43		10.59
Cargue de materia orgánica	m³	5	5.2	0.95	4.77	0.43	0.53	5.73	5.84	0.57		12.15
Descargue de materia orgánica	m³	5	8	0.62	3.10	0.28	0.47	3.85		0.39		4.24
Llenadura de bolsas	Uno.	100000	500	0.02	2000.00	181.80	305.45	2487.25	5000	248.73		7735.98
Siembra de semillas(bolsas)	Uno.	100000	4642	0.00	106.85	9.71	16.32	132.88		13.29		146.17
Cargue y descargue de aserrín	m³	5	8	0.62	3.10	0.28	0.47	3.85	47.75	0.39	300.00	351.99
Tiro de aserrín	m³	5	8	0.74	3.70	0.34	0.56	4.60		0.46		5.06
Tape de semilla con aserrín	M./Unida.	100000	22 000	0.00	25.50	2.32	3.89	31.71		3.17		34.88
Escarde de posturas en bolsas	M./Unida.	1500000	4600	0.00	1617.00	146.99	246.95	2010.94		201.09		2212.03
Selec.de post. Bolsas	M./Unida.	100000	1262	0.00	393.00	35.72	60.02	488.74		48.87		537.62
Remocion y selec.de post.	M./Unida.	200000	5400	0.00	183.80	16.71	28.07	228.58		22.86		251.44
Arranque y prep. De posr.	M./Unida.	15000	7700	0.00	9.66	0.88	1.47	12.01		1.20		13.21
Cargue y acomodo de bolsas	M./Unida.	15000	1651	0.00	45.06	4.10	6.88	56.04		5.60		61.64
Resiembra de semillas en bolsas	M./Unida.	10000	5400	0.00	9.19	0.83	1.4	11.42		1.14		12.56
Construccion de zanjas	m³	42	8	0.62	26.04	2.37	3.97	32.38	29.22	3.24		64.83
Mantenimiento de zanjas(limpieza)	m³	177.8	8	0.62	110.24	10.02	16.83	137.09		13.71		150.80
Rastrilleo y Vagoneo(Basuras)	m²	10640	455	0.01	115.98	10.54	17.71	144.23		14.42		158.65
Guataquea de pasillos	m²	10640	180	0.03	316.75	28.79	48.37	393.92		39.39		433.31
Construccion de cercas	m	128	46	0.13	16.47	1.50	2.51	20.48		2.05		22.53
Aplicación de pesticidas	m²	320	45.37	0.00	0.42	0.04	0.06	0.52		0.05		0.57
Aplicación de fertilizantes	Cord. ²	1.21	14	0.38	0.46	0.04	0.07	0.58		0.06		0.63
Aplicación de herbicidas	Cord. ²	8.47	30	0.17	1.40	0.13	0.21	1.73		0.17		1.91
Riego de agua en vivero	Horas	1008	0	0.74	745.92	67.80	113.92	927.64	300	462	92.76	1782.41
Operador					0		0		417.76	7.4		425.16
TOTAL DE GASTOS					6340.24	576.33	981.47	7898.04	5307	990.52	789.80	16108.87
AHORRO CON CAMBIO DE TECNOLOGIA					3461.54	314.65	161.42	3937.61	4411	264.92	393.76	9323.89

Tabla II FICHA DE COSTO PARA LA PRODUCCION DE 100 000 POSTURAS EN BOLSAS DE 1120 cm³ FLORA Y FAUNA VILLA CLARA

Labor	U/M	Volumen	Norma	Tasa	Total salario	0.09 Seg.	Total	Gastos Mat.	Gastos Comb	Salario Ind.	Otros Gastos	TOTAL
Costo de la semilla											200.29	200.29
Certificacion de semillas											500.72	500.72
Certificacion de suelo											115.10	115.10
Prep.de tierra con bueyes(viveros)	Cord. ²	12	4	2.36	28.32	2.57	34.10			3.41		37.51
Pase de gradas con bueyes (viveros)	Cord. ²	24	20	0.47	11.33	1.03	13.64			1.36		15.00
Cruse de tierras con bueyes (viveros)	Cord. ²	24	4	2.36	28.32	2.57	34.10			3.41		37.51
Pase de gradas con bueyes (viveros)	Cord. ²	24	20	0.47	11.33	1.03	13.64			1.36		15.00
Cruse de tierras con bueyes (viveros)	Cord. ²	12	4	2.36	28.32	2.57	34.10			3.41		37.51
Apile de tierra	m³	120	5.2	1.82	217.85	19.80	252.22			25.22		277.44
Pique y tamizado de tierra	m³	100	2.95	3.20	320.00	29.09	374.76			37.48		412.23
Corte de valizas	Uno.	263	116	0.08	21.40	1.95	25.20	7.00	8.00	2.52		42.72
Corte y Vicelado de estacas	Uno.	1050	350	0.03	28.32	2.57	54.26		2.422	5.43		62.11
Construccion de canteros	Uno.	50	7	1.35	67.43	6.13	76.26			7.63		83.88
Cargue de tierra manual	m³	100	7	1.35	134.86	12.26	157.94		11.69	15.79		185.42
Distribucion de tierra	m³	100	6	1.57	157.33	14.30	185.27			18.53		203.80
Apile de materia orgánica	m³	7	10	0.94	6.61	0.60	7.74		5.84	0.77		14.35
Cargue de materia orgánica	m³	5	5.2	1.82	9.08	0.83	10.43		5.84	1.04		17.32
Descargue de materia orgánica	m³	5	8	1.18	5.90	0.54	6.91			0.69		7.60
Llenadura de bolsas	Uno.	100000	500	0.02	1888.00	171.62	305.45	5000.00		236.51		7601.58
Siembra de semillas(bolsas)	Uno.	100000	4642	0.00	203.36	18.49	238.17			23.82		261.98
Cargue y descargue de aserrín	m³	5	8	1.18	5.90	0.54	6.91		47.75	0.69	300.00	355.35
Tiro de aserrín	m³	5	8	1.18	5.90	0.54	7.00			0.70		7.70
Tape de semilla con aserrín	M./Unida	100000	22000	0.00	42.91	3.90	50.70			5.07		55.77
Escarde de posturas en bolsas	M./Unida	1500000	4600	0.00	3078.26	279.81	246.95			360.50		3965.53
Selecc.de post. Bolsas	M./Unida	100000	1262	0.01	748.02	67.99	60.02	876.03		87.60		963.64
Remocion y selec.de post.	M./Unida	200000	5400	0.00	349.63	31.78	28.07	409.48		40.95		450.43
Arranque y prep. De posr.	M./Unida	15000	7700	0.00	18.39	1.67	1.47	21.53		2.15		23.68
Cargue y acomodo de bolsas	M./Unida	15000	1651	0.01	85.77	7.80	6.88	100.44		10.04		110.49
Resiembra de semillas en bolsas	M./Unida	10000	5400	0.00	17.48	1.59	1.4	20.47		2.05		22.52
Construccion de zanjas	m³	42	8	1.18	49.56	4.51	3.97	58.04	29.22	5.80		93.06
Mantenimiento de zanjas(limpieza)	m³	177.8	8	1.18	209.80	19.07	16.83	245.71		24.57		270.28
Rastrilleo y Vagoneo(Basuras)	m²	10640	455	0.02	220.75	20.07	17.71	258.53		25.85		284.38
Guataquea de pasillos	m²	10640	180	0.05	458.01	41.63	48.37	548.01		54.80		722.81
Construccion de cercas	m	128	46	0.21	26.27	2.39	2.51	31.17		3.12		34.28
Aplicación de pesticidas	m²	320	45.37	0.21	66.58	6.05	0.06	72.69		7.27		79.96
Aplicación de fertilizantes	Cord. ²	1.21	14	0.67	0.82	0.07	0.07	0.96		0.10		1.06
Aplicación de herbicidas	Cord. ²	8.47	30	0.31	2.67	0.24	0.21	3.12		0.31		3.43
Riego de agua en vivero	Horas	1008	0	0.74	745.92	67.80	113.92	300.00	462.00	92.76		1782.41
Operador					0.00		0.00		417.76	7.40		425.16
TOTAL DE GASTOS					9300.38	845.40	981.47	5307.00	990.522	1112.7	1123.51	19781.01
AHORRO CON CAMBIO DE TECNOLOGÍA					6421.68	583.73	161.42	4411.00	264.92	716.68	316.60	12996.03

Tabla III FICHA DE COSTO PARA LA PRODUCCION DE 100 000 POSTURAS EN TUBETES DE 140 cm³ FLORA Y FAUNA VILLA CLARA.

Labor	U/M	Volumen	Norma	Tasa	Total	salario	0.03	Seg.	Total	Gastos	Gastos	Salario	Otros	TOTAL
								Social		Mat.	Comb	Ind.	Gastos	
Costo de la semilla													200.29	200.29
Certificación de semillas													500.72	500.72
Prep.de tierra con bueyes(viveros)	Cord. ²	3.2	4	2.36		7.55	0.69	3.21	11.45			1.145		12.59
Pase de gradas con bueyes (viveros)	Cord. ²	6.4	20	0.47		3.02	0.27	1.28	4.58			0.458		5.03
Cruse de tierras con bueyes (viveros)	Cord. ²	3.2	4	2.36		7.55	0.69	3.21	11.45			1.145		12.59
Pase de gradas con bueyes (viveros)	Cord. ²	6.4	20	0.47		3.02	0.27	1.28	4.58			0.458		5.03
Cruse de tierras con bueyes (viveros)	Cord. ²	3.2	4	2.36		7.55	0.69	3.21	11.45			1.145		12.59
Corte de valizas	Uno.	50	116	0.08		4.07	0.37	1.85	6.29		3.00	0.629		9.92
Corte y Vicolado de estacas	Uno.	1050	350	0.03		28.32	2.57	23.37	54.26		2.42	5.426		62.11
Construccion de canteros	Uno.	41	7	1.35		55.29	5.03	2.70	63.02			6.302		69.32
Apile de materia orgánica	m ³	7	10	0.94		6.61	0.60	0.53	7.74		5.84	0.774		14.35
Cargue de materia orgánica	m ³	14	5.2	1.82		25.42	2.31	0.53	28.26		5.84	2.826		36.92
Descargue de materia orgánica	m ³	14	8	1.18		16.52	1.50	0.47	18.49			1.849		20.34
Llenadura de bolsas	Uno.	100000	5000	0.00		188.80	17.16	305.45	511.41	596.00		51.141		1158.55
Siembra de semillas(bolsas)	Uno.	100000	7000	0.00		134.86	12.26	16.32	163.44			16.344		179.78
Cargue y descargue de aserrín	m ³	2	8	1.18		2.36	0.21	0.47	3.04		10.00	0.304	98.50	111.85
Tiro de aserrín	m ³	2	8	1.18		2.36	0.21	0.56	3.13			0.313		3.45
Tape de semilla con aserrín	M./Unida.	100000	22000	0.00		42.91	3.90	3.89	50.70			5.070		55.77
Escarde de posturas en bolsas	M./Unida.	1500000	7000	0.00		2022.86	183.88	246.95	2453.68			245.368		2699.05
Resiembra de semillas en bolsas	M./Unida.	10000	7000	0.00		13.49	1.23	1.40	16.11			1.611		17.72
Construccion de zanjas	m ³	20	8	1.18		23.60	2.15	3.97	29.72		15.20	2.972		47.89
Mantenimiento de zanjas(limpieza)	m ³	88.9	8	1.18		104.90	9.54	16.83	131.27			13.127		144.39
Rastrilleo y Vagoneo(Easuras)	m ²	1293.2	455	0.02		26.83	2.44	17.71	46.98			4.698		51.68
Guataquea de pasillos	m ²	1293.2	180	0.05		67.82	6.16	48.37	122.36			12.236		134.59
Construccion de cercas	m	80	46	0.21		16.42	1.49	2.51	20.42			2.042		22.46
Aplicacion de pesticidas	m ²	320	45.37	0.21		66.58	6.05	0.06	72.69			7.269		79.96
Riego de agua en vivero	Horas	1008	0			0	0	113.92	113.92	300.00	462.00	11.39		887.31
Operador						0.00			0.00		221.30		7.40	228.70
TOTAL DE GASTOS						2878.70	261.67	820.05	3960.43	896.00	725.60	396.04	806.91	6784.98

Tabla IV FICHA DE COSTO PARA PLANTAR 1666 POSTURAS/Ha EN BOLSAS CON PREPARACIÓN DE TIERRA MANUAL

Labores	U/M	Volumen	Norma	Tasa	Total		0,09	Seg. Social	Total 2	Gastos		Salario		Otros Gastos	TOTAL
					1					Mat.	Comb	Ind.	Gastos		
Preparación de Tierra															
Chapea	M²	10.000,00	350,00	0,015314	153,14	13,92	23,38	190,44	5,44			47,61			243,49
Abrir Hoyos	U	1.666,00	162,00	0,033060	55,08	5,01	8,4	68,48	12,00			17,12			97,60
Sub Total															341,09
Plantación															
Cargue y Descargue	U	1.666,00	268,00	0,020000	33,32	3,03	5,09	41,44		8,00					49,44
Distribución de Posturas	U	1.666,00	929,00	0,005767	9,61	0,87	1,46	11,94		8,00					19,94
Plantación	U	1.666,00	89,00	0,060000	99,96	9,09	15,266	124,31							124,31
Reposición de fallas	U	600,00	100,00	0,060000	36,00	3,27	5,4981	44,77							44,77
Costo de la Postura	U	1.666,00		0,150000	249,90			249,90							249,90
Sub Total															488,36
Mantenimiento															
Primer Año															
Un Mantenimiento	M²	10.000,00	600,00	0,008900	89,00	8,09	13,64	110,73	12,10	8,00	24,36				155,19
Dos Mantenimientos	M²	10.000,00	800,00	0,006700	67,00	6,09	10,23	83,32	12,11	8,00	24,36				127,79
Segundo Año															
Un Mantenimiento	M²	10.000,00	350,00	0,015314	153,14	13,92	23,28	190,34	12,11	8,00	24,36				234,81
Dos Mantenimientos	M²	10.000,00	600,00	0,008900	89,00	8,09	13,64	110,73	0,00	8,00	24,36				143,09
Tercer Año															
Un Mantenimiento	M²	10.000,00	600,00	0,008900	89,00	8,09	13,64	110,73	12,11	8,00	24,36	0,00			155,20
Sub Total															816,08
Gasto Total					1124,15	79,47	133,52	1337,139	65,87	56,00	186,53	0,00			1645,54
AHORRO CON CAMBIO DE TECNOLOGIA															
					329,10	16,29	11,60	356,98	12,00	0,00	17,12	0,00			386,10

Tabla V FICHA DE COSTO PARA RESTAURACIÓN CON 1666 POSTURAS EN BOLSAS/Ha CON PREPARACIÓN DE TIERRA MANUAL

Labores	U/M	Volumen	Norma	Tasa	Total		0,09	Seg. Social	Total 2	Gastos		Salario		Otros Gastos	TOTAL
					1					Mat.	Comb	Ind.	Gastos		
Preparación de Tierra															
Cont. Hoyos c/ pico y machete	U	1.666,00	100,00	0,094400	157,27	14,30	24,019	195,59	12,00			17,12			224,71
Sub Total															224,71
Plantación															
Cargue y Descargue	U	1.666,00	268,00	0,035224	58,68	5,33	8,9624	72,98		8,00					80,98
Distribución de Posturas	U	1.666,00	929,00	0,010161	16,93	1,54	2,5855	21,05		8,00					29,05
Plantación	U	1.666,00	89,00	0,106067	176,71	16,06	26,988	219,76							219,76
Reposición de fallas	U	600,00	100,00	0,094400	56,64	5,15	8,6504	70,44							70,44
Costo de la Postura	U	1.666,00		0,190000	316,54			316,54							316,54
Sub Total															716,77
Mantenimiento															
Primer Año															
Un Mantenimiento	M²	10.000,00	600,00	0,015733	157,33	14,30	24,029	195,66	12,10	8,00		24,36			240,12
Dos Mantenimientos	M²	10.000,00	800,00	0,011800	118,00	10,73	18,022	146,75	12,11	8,00		24,36			191,22
Segundo Año															
Un Mantenimiento	M²	10.000,00	350,00	0,026971	269,71	24,52	41,192	335,42	12,11	8,00		24,36			379,89
Dos Mantenimientos	M²	10.000,00	600,00	0,015733	157,33	14,30	24,029	195,66	0,00	8,00		24,36			228,02
Tercer Año															
Un Mantenimiento	M²	10.000,00	600,00	0,015733	157,33	14,30	24,029	195,66	12,11	8,00		24,36	0,00		240,13
Sub Total															
															1279,39
Gasto Total															
					1642,48	120,53	202,51	1965,52	60,43	56,00	138,92	0,00	2220,87		
AHORRO CON CAMBIO DE TECNOLOGIA					847,44	57,34	80,58	985,36	6,56	0,00	-30,49	0,00	961,43		

Tabla VI FICHA DE COSTO PARA RESTAURACIÓN CON 1666 POSTURAS EN TUBETES/Ha CON PREPARACIÓN DE TIERRA MANUAL

Labores	U/M	Volumen	Norma	Tasa	Total		0,09	Seg. Social	Total 2	Gastos Mat.	Gastos Comb	Salario Ind.	Otros Gastos	TOTAL
					1									
Preparación de Tierra														
Cont. Hoyos c/ pico y machete	U	1.666,00	200,00	0,047200	78,64		7,15	23,38	109,16	5,44		47,61		162,21
Sub Total														162,21
Plantación														
Cargue y Descargue	U	1.666,00	700,00	0,013486	22,47		2,04	5,09	29,60		8,00			37,60
Distribución de Posturas	U	1.666,00	1200,00	0,007867	13,11		1,19	1,46	15,76		8,00			23,76
Plantación	U	1.666,00	200,00	0,047200	78,64		7,15	15,26	101,04					101,04
Reposición de fallas	U	160,00	100,00	0,094400	15,10		1,37	2,3068	18,78					18,78
Costo de la Postura	U	1.666,00		0,060000	99,96				99,96					99,96
Sub Total														281,14
Mantenimiento														
Primer Año														
Un Mantenimiento	M²	10.000,00	600,00	0,008900	89,00		8,09	13,64	110,73	12,10	8,00	24,36		155,19
Dos Mantenimientos	M²	10.000,00	800,00	0,006700	67,00		6,09	10,23	83,32	12,11	8,00	24,36		127,79
Segundo Año														
Un Mantenimiento	M²	10.000,00	350,00	0,015314	153,14		13,92	23,28	190,34	12,11	8,00	24,36		234,81
Dos Mantenimientos	M²	10.000,00	600,00	0,008900	89,00		8,09	13,64	110,73	0,00	8,00	24,36		143,09
Tercer Año														
Un Mantenimiento	M²	10.000,00	600,00	0,008900	89,00		8,09	13,64	110,73	12,11	8,00	24,36		155,20
Sub Total														
816,08														
Gasto Total														
					795,05		63,18	121,93	980,1577	53,87	56,00	169,41	0,00	1259,44